Postverlagsort Würzburg 2

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON
ERICH v. HOLST

HERAUSGEGEBEN VON
ERNST LAMLA

BEIRAT:
J. BARTELS · E. BEDERKE · H. BROCKMANN · P. TEN BRUGGENCATE · C. W. CORRENS · H. v. FICKER
R. GRAMMEL · O. HAHN · R. HARDER · M. HARTMANN · W. HEISENBERG · K. HENKE · A. KÜHN
M. v. LAUE · H. MARTIUS · R. W. POHL · H. REIN

ORGAN DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

38. JAHRGANG **HEFT 21** (ERSTES NOVEMBERHEFT) **1951**

INHALT:

AUFSÄTZE. Seite

Georg Lockemann zum 80. Geburtstag Von W. Neumann 485
Nachweis stehender Wellen im freien Schallfeld und ein einfacher Empfänger für kurze Schallwellen. Von R. W. Pohl 486
Zellstoffwechsel und Zellteilung. Von H. Lettré 490

BERICHTE.

Die Temperatur des Crabnebel-Zentralsternes. Von K. Wurm 496

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN.

Eine neue Oberflächenstruktur bei gedehntem Aluminium. Von H. Wilsdorf und D. Kuhlmann-Wilsdorf 502
Lithiummetastannat. Von F. Hund und G. Lang 502
Zur Frage des Ausbleichens von fluoreszierenden Farbstoffen im Licht. Von G. O. Schenck und K. G. Kinkel 503
Über die Papierelektrophorese von Nukleinsäuren. Von W. Kanngiesser 503
Verhalten von Fibroblasten unter aeroben und anaeroben Bedingungen. Von H. Lettré, M. Albrecht und R. Lettré 504
Zur Auslösung von Plasmabewegungen in Ruhezellen. Von H. Lettré, M. Albrecht und R. Lettré 505
Vaskularisationsmessungen an Hauttransplantaten mit dem Leuchtmassenzähler. Von L. Herforth und P. Schäfer 505
Die 24-Stunden-Periodik der Maus unter konstanten Umgebungsbedingungen. Von J. Aschoff 506
Funktionsanalyse der Bewegungsperzeption eines Käfers. Von B. Hassenstein und W. Reichardt 507

BESPRECHUNGEN.

R. Biebl u. H. Germ, Praktikum der Pflanzenanatomie. (Ref.: M. Steiner) 507
H. Staudinger, Organische Kolloidchemie. (Ref.: K. Heyns) 508
F. Haurowitz, Chemistry and Biology of Proteins. (Ref.: Th. Wieland) 508

Struktur und Eigenschaften der Krystalle

Eine Einführung in die physikalische und chemische Krystallkunde. Von **Helmut G. F. Winkler,** Dr. phil. a. o. Professor der Mineralogie und Krystallographie an der Universität Göttingen. Mit 62 Abbildungen, 78 Tabellen und 1 Tafel. VIII, 258 Seiten. 1950. DM 16.80

Inhaltsübersicht: Einführung. Gesetzmäßigkeiten aus der Frühzeit der Krystallchemie. Was ist ein Krystall? Eigenschaften, deren Richtungsabhängigkeit im Krystall bereits durch die Makrosymmetrie beschrieben werden kann. — **A. Krystallstruktur und Eigenschaften.** Einleitung: Der Begriff der Krystallstruktur. — I. Bindungsarten: Heteropolare Bindung. Homöopolare Bindung. Gemischte Bindungen. Metallische Bindung. Van der Waalsche Bindung. — II. Krystallgitter und ihr Stoffbestand: Einteilungsprinzip. Isometrische Gitter. Anisometrische Gitter. Isomorphie-Beziehungen. Polymorphie. — III. Ideal- und Realkrystall: Fehlordnungen. Baufehler. — **B. Eigenschaft und Krystallstrukturen.** Wärmeleitung. Kompressibilität. Thermische Ausdehnung. Optische Eigenschaften. Härte. Spaltbarkeit. — Anhang. Tafel der Ionen- und Atomradien. — Sach- und Formelverzeichnis.

Aus den Besprechungen: Eine zusammengefaßte Behandlung der zwischen der Kristallstruktur und den physikalischen und chemischen Eigenschaften herrschenden Beziehungen entspricht zweifellos einem Bedürfnis. Erst unter diesem Gesichtspunkt gewinnt die Lehre vom Feinbau der krystallinen Materie volle Lebendigkeit. Der Verfasser hat die bei der Fülle der weit verstreuten und für viele schwer zugänglichen Einzeluntersuchungen nicht leichte Aufgabe unternommen und in anerkennenswerter Weise erfüllt. Das Buch ist freilich nicht eine „Einführung" im landläufigen Sinn, es setzt mancherlei voraus, was doch wohl über den Rahmen der „Grundvorlesungen" in Physik, Chemie und Mineralogie hinausgreift, und es verlangt vom Leser intensive Mitarbeit. Die Darstellung ist flüssig und im ganzen klar. — Das Verfahren, den Stoff durch „zwei Querschnitte" aus verschiedener Richtung zu erschließen, kommt, besonders im ersten, von der Struktur ausgehenden Teil, der Geschlossenheit der Darstellung zustatten.

Sowohl dem Studierenden, der tiefer in die Zusammenhänge zwischen Bau und Eigenschaften der festen anorganischen Materie eindringen möchte, wie auch dem Techniker, der heute mit diesen Problemen vielfach in Berührung kommt, kann das Buch als zuverlässiger Führer empfohlen werden. Es bildet zudem eine wertvolle Ergänzung unserer neueren Lehrbücher.

„Kolloid-Zeitschrift"

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen zweimal monatlich. Bestellungen nimmt jede Buchhandlung, in den Westzonen auch jedes Postamt entgegen. Preis vierteljährlich 12.— DM, für das einzelne Heft 2.50 DM, zuzüglich Postgebühren. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte erhalten die Zeitschrift bei direktem Bezug vom Verlag im Abonnement mit einem Nachlaß von 20%.

Nachdruck: Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung aller in dieser Zeitschrift zum Abdruck gelangenden Beiträge sowie ihrer Verwendung für fremdsprachige Ausgaben vor.

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anzeigen werden von der Anzeigenabteilung des Verlages (Berlin W 35, Reichpietschufer 20 [Britischer Sektor], Tel. 249251) angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Vertriebs-Vertretung im Ausland:

Lange, Maxwell & Springer Ltd., 41—45 Neal Street, London, W. C. 2

Springer-Verlag

Berlin · Göttingen · Heidelberg

Redaktionelle Hinweise.

I. Allgemeines.

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichung zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen eng begrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten; für diese ist die Rubrik „KOM" („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platzmangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z. B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne KOM nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Die KOM erscheinen „unter ausschließlicher Verantwortung der Autoren". Eine wissenschaftlich-kritische Stellungnahme der Herausgeber zu ihrem Inhalt erfolgt nicht. Die Redaktion prüft lediglich, ob ein genügendes Allgemein-Interesse vorliegt.

4. „Kurze Originalmitteilungen" aus dem englischen und französischen Sprachgebiet können in der Originalsprache veröffentlicht werden.

II. Spezielle Hinweise.

Alle Sendungen und Zuschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,

(20b) Göttingen, Theaterplatz 10, Fernsprecher 3371.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterung des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Photographische Abbildungen (Autotypien) können gebracht werden, soweit sachlich erforderlich. In vielen Fällen läßt sich jedoch das Wesentliche durch eine (leichter reproduzierbare) Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen.

Die Autoren der Aufsätze, Berichte und Buchbesprechungen erhalten eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung erbeten wird.

Bei den KOM wird zur Beschleunigung des Erscheinens die Korrektur von Text und Abbildungen von der Redaktion besorgt, soweit nicht der Autor bei Einsendung des Manuskriptes ausdrücklich den Wunsch äußert, diese Arbeit selbst vorzunehmen. Bei KOM ohne Figuren soll hierdurch das Erscheinen innerhalb 4 Wochen nach Eingang bei der Redaktion ermöglicht werden.

Besprechungsexemplare.

Es wird gebeten, von der unverlangten Zusendung von Büchern, besonders kleineren Broschüren und Zeitschriften-Heften, abzusehen und zunächst eine Anfrage an die Redaktion zu richten, die dann von sich aus Exemplare anfordern wird. — Für die Rückgabe unverlangter Sendungen kann keine Gewähr übernommen werden.

Krystallometrisches Praktikum

Grundbegriffe und Untersuchungsmethoden. Von **Robert Schroeder,** Assistent am Mineralogischen Institut der Universität Heidelberg. Mit 156 Abbildungen. VIII, 199 Seiten. 1950. DM 15.60

Inhaltsübersicht: **Einleitung. Die krystallographischen Grundbegriffe und ihre geschichtliche Entwicklung:** Einteilungsprinzip der Krystalle. — Die krystallographischen Elemente. — Die krystallographischen Symbole. Zwillinge. — Über Komplikation. — **Messen, Zeichnen und Berechnen der Krystalle:** Über Projektionen. — Messen der Krystalle. — Über graphische Krystallberechnung. — Arithmetische Berechnung der Krystalle. — Zeichnen der Krystalle. — Krystallmodelle. — Anhang. Sehnen- und Tangententabelle. — Literaturverzeichnis. Sachverzeichnis.

Aus den Besprechungen: In diesem Buch wird ein Spezialkapitel der Mineralogie eingehend behandelt: Die Geometrie der Krystalle. Auf dieser Ebene vermittelt die Arbeit eine erschöpfende Auskunft. Sie ist und will keine Einführung für den Anfänger sein, sondern dem Fortgeschrittenen und vor allem dem Wissenschaftler eine neuere, zusammenfassende Darlegung dieses Stoffgebietes gemäß dem heutigen Stande unserer Erkenntnisse vermitteln. Das ist dem Verfasser recht gut gelungen. Er erläutert die krystallographischen Grundbegriffe (auf deren geschichtliche Entwicklung eingegangen wird), das Messen, Zeichnen und Berechnen der Krystalle. „Zeitschrift für Erzbergbau und Metallhüttenwesen"

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

38. Jahrgang Heft 21 (Erstes Novemberheft) 1951

Georg Lockemann zum 80. Geburtstag.

Von WILHELM NEUMANN, Würzburg.

Am 17. Oktober 1951 vollendet GEORG LOCKEMANN in Hollenstedt, das als alter Sitz seiner Familie zugleich sein Geburtsort ist, sein 80. Lebensjahr. Er besuchte das Gymnasium im nahen Göttingen, dessen Atmosphäre wohl in ihm den Drang weckte zu wissen und zu erkennen, Zusammenhänge tätig zu klären und auch zurückblickend die Pfade der Geschichte zu verfolgen, so daß er von der ursprünglich vorgesehenen Bahn abwich und sich der Wissenschaft zuwandte.

Mit 25 Jahren promovierte er in Heidelberg mit einer organisch-chemischen Arbeit und ging 2 Jahre später nach Leipzig zu ERNST BECKMANN, der ihm ein väterlicher Freund wurde. Als es ihm bei der Akroleindarstellung aus Glyzerin und Borsäure gelang, aus den Nebenprodukten mit Hilfe von Phenylhydrazin den Azetaldehyd herauszuholen, da konnte es kaum ausbleiben, daß der junge, im Bannkreis der BECKMANNschen Umlagerung arbeitende Forscher sich nun näher für die verschiedenen Formen dieses Phenylhydrazons interessierte. Kein Geringerer als EMIL FISCHER hatte sie beschrieben. Aber — die Präparate, die LOCKEMANN in Händen hielt, hatten andere physikalische Eigenschaften. Mit der Gründlichkeit, die auch alle seine späteren Untersuchungen auszeichnet, machte er sich zusammen mit O. LIESCHE an die Klärung der Widersprüche, stellte die beiden tatsächlich bestehenden Formen der Verbindung rein her und führte sie auch ineinander über. Ein von FISCHER für eine dritte Form gehaltenes Produkt entpuppte sich lediglich als Gemisch der erwähnten beiden anderen. Leider erwies sich aber diese Klarstellung in der Folge als wenig geeignet, dem geradsinnigen Niedersachsen das Wohlwollen des allgewaltigen Rheinländers zu gewinnen.

LOCKEMANN hatte mit dieser ersten Arbeit über ein Phenylhydrazon ein Gebiet betreten, das ihn die folgenden Jahrzehnte hindurch fesseln sollte. Seine Leipziger Habilitationsschrift von 1904 berichtete daneben über die ersten Schritte auf einem zweiten Arbeitsfeld: er holte den von anderer Seite voreilig in die Rumpelkammer verwiesenen Apparat nach MARSH-LIEBIG wieder hervor und zeigte, wie man damit noch 0,0001 mg Arsen nachweisen kann. Andere haben später die Empfindlichkeitsgrenze noch weiter hinausgerückt. LOCKEMANN aber bleibt das Verdienst, nicht nur als erster den Weg dazu gewiesen, sondern auch in zäher, unermüdlicher, gewissenhaftester Kleinarbeit die Fehlerquellen aufgedeckt und ausgeschaltet zu haben, die gerade bei diesem ubiquitären Element den einwandfreien Nachweis winziger Mengen und vor allem die zweifelsfreie Klärung ihrer Herkunft so erschweren. Drei Jahrzehnte hindurch wurde er nicht müde, die damit verbundenen Fragen von immer wieder neuen Gesichtspunkten aus zu beleuchten und zu durchforschen. Winzige Arsenmengen wurden durch Adsorption an frisch gefälltes Eisenhydroxyd erfaßt und dem genaueren Nachweis zugeführt. Das Schicksal des in Salvarsan und ähnlichen Stoffen enthaltenen Arsens im Organismus verfolgte er mit der neuen Methodik. Später bewies er damit, wiederum in musterhaft gründlicher Arbeit, daß die in den 20er Jahren mehrfach am Frischen Haff grassierende „Haffkrankheit" nichts mit arsenhaltigen Gasen zu tun hatte, was leider von einflußreicher Seite auf Grund unzulänglicher Untersuchungen behauptet worden war und bedauerliche Trugschlüsse und schwerwiegende Maßnahmen ausgelöst hatte. Als Frucht dieser Arsenstudien besitzt die analytische Chemie heute zugleich Verfahren, um für diffizile Untersuchungen Reagenzien von hinreichender „Arsenfreiheit" herzustellen. Die Relativität dieses Begriffes hat LOCKEMANN vielmals betont und in ihren Zusammenhängen erörtert, ebenso die durch den Arsengehalt der üblichen Glasgeräte bedingten und oft nicht bedachten Fehlermöglichkeiten.

Das Jahr 1907 brachte LOCKEMANN die Berufung nach Berlin als Leiter der Chemischen Abteilung am Institut „Robert Koch". Hier wurden nach seiner Umhabilitierung seine Leistungen durch die Ernennung zum Professor (1910) und zum Geheimen Regierungsrat (1918) anerkannt. Seine Forschungen dehnten sich nun unter dem Einfluß des genius loci auch auf mikrobiologische Themen aus, wobei die ersten Anregungen noch von ROBERT KOCH selbst ausgingen. Der scharf beobachtende und kritisch urteilende Chemiker machte sich auch auf dem neuen Gebiet bald an die Schaffung zuverlässiger Untersuchungsmethoden. Er studierte die Bedingungen, unter denen die Kultur des Tuberkelbazillus im Glase möglich ist, und sein Name ist mit einem von ihm ausgearbeiteten synthetischen Nährboden für Mycobacterium tuberculosis verbunden. Andererseits wurde die Abtötung pathogener Keime zum Gegenstand von mehr als 30 Veröffentlichungen, die sich mit Verfahren und Mitteln zur Desinfektion befassen und auch Faktoren herausarbeiten, die den Ausfall einer Prüfung von Desinfektionsmitteln beeinflussen. Wiederholt nahm LOCKEMANN zur Auswertung solcher Mittel kritisch und mit wohlbegründeten Vorschlägen Stellung, wobei er unter anderem die oft übersehene Bedeutung von Adsorptionsvorgängen für die Wirkung von Desinfizientien in das rechte Licht rückte. Viele andere Untersuchungen können hier nur gestreift werden. Eine Gruppe muß aber unter den mehr als 170 Veröffentlichungen unseres Jubilars besonders hervorgehoben werden: rund 40 Arbeiten zur Geschichte der Chemie und Pharmazie.

Eine ausgeprägte Neigung und Veranlagung zu historischen Studien drängten LOCKEMANN schon früh dazu, der Entwicklung chemischen Denkens und Forschens und den Schicksalen hervorragender Chemiker mit liebevoller Sorgfalt nachzuspüren. Ein glänzendes Gedächtnis und niedersächsische Zähigkeit ermöglichten es ihm, neben der vielfältigen Laboratoriumsarbeit das Lebensbild einer Reihe großer Chemiker zu zeichnen und zahlreiche historische Einzelstudien

herauszubringen, außerdem von 1926 ab in Berlin einen Lehrauftrag für Geschichte der Chemie und Pharmazie zu übernehmen und die Zulassung chemiegeschichtlicher Dissertationen durchzusetzen. Nach dem zweiten Weltkrieg wurde ihm in Göttingen der gleiche Lehrauftrag erteilt, und eine stattliche Hörerzahl folgte dem geistvollen Vortrag, der die Hochstimmung des Vertrautseins mit den Jahrtausenden der Kulturgeschichte ebenso spüren ließ wie die nüchtern sichtende Kritik der Laboratoriumserfahrung.

Ein Kapitel für sich müßte dem gewidmet werden, was Lockemann für die Ausbildung der Studenten leistete. Schon in Leipzig hatte er eine Einführung in die analytische Chemie verfaßt, die noch nach dem zweiten Weltkrieg eine neue Auflage erfuhr. Nach seiner Heimkehr aus dem ersten Weltkrieg stand er bei der Schaffung von Laboratoriumsplätzen für die Flut der Kriegsteilnehmer in erster Reihe. Mit der ihm eigenen Initiative und Organisationsgabe brachte er in seiner Abteilung im Institut „Robert Koch" mit seinem Mitarbeiter W. Ulrich mit relativ geringen Mitteln rund 40 Studenten unter. Bald entwickelte sich in dem sonst so stillen Forschungsinstitut ein Treiben, das ab und zu auch über die Stränge schlug. Mehr als einmal machte dann Lockemann bei Neufeld wieder gut Wetter für seine Schützlinge, denen er auch den Zugang zu den Verbandsexamina und die Versorgung mit Chemikalien der damaligen Liebigstiftung zu eröffnen wußte. Eine stattliche Zahl von Doktoranden wuchs im Laufe der Jahre heran. Manches Thema konnte wieder aufgenommen werden, das früher aus Mangel an Zeit und geeigneten Hilfskräften zurückgestellt worden war. So erbrachte unter anderem die Fortsetzung der Leipziger Studien über Phenylhydrazone zahlreiche Befunde, die Lockemann großenteils erst in den Jahren nach dem zweiten Weltkrieg sichten und in einer Reihe von Mitteilungen über Nitrobenzoylverbindungen und Vorgänge bei ihrer Reduktion der Fachwelt übergeben konnte.

Der Glanz aufsehenerregender Entdeckungen heftete sich zwar nicht an den Namen unseres Jubilars, aber die allezeit untadelige Gediegenheit seiner Forschungen wie seiner Person macht ihn zum Vorbild eines Gelehrten. Gewissenhafte Sorgfalt beherrschte auch seine Lehrtätigkeit. Für den jungen Anfänger hatte er in gleicher Weise wie für den Doktoranden immer Zeit zu Erklärungen und vor allem zu praktischen Anleitungen. Treffsicherer Humor und feine, auch vor der eigenen Person nicht haltmachende Ironie milderten die sachlich unerbittliche Kritik und verschönten die kleinen Institutsfeiern. Vertrautheit mit den Künsten, warmherzige Güte, stete Hilfsbereitschaft, Verständnis für menschliche Schwächen wurden offenbar. Wer näher treten durfte, erfuhr treue Freundschaft.

Der zweite Weltkrieg, der Lockemann nach einem kurzen formellen Ruhestand wieder im Institut „Robert Koch" tätig werden ließ, brachte seiner Familie schwerste Schicksalsschläge, die er in bewunderungswürdiger Haltung bestand. Unentwegt arbeitet er noch heute auf seinem Lieblingsgebiet. Eine Biographie Bunsens, den er in seiner Heidelberger Studienzeit noch kennenlernte, liegt schon vor, ebenso der erste Teil einer kurzgefaßten Geschichte der Chemie, deren Abschluß wir hoffentlich bald begrüßen dürfen. Möge für die kommenden Jahre dem Unermüdlichen ein günstiger Stern leuchten!

Eingegangen am 11. Oktober 1951.

Nachweis stehender Wellen im freien Schallfeld und ein einfacher Empfänger für kurze Schallwellen.

Von R. W. Pohl, Göttingen.

Alle wichtigen Vorgänge bei der Ausbreitung unpolarisierter Wellen lassen sich sehr gut mit kurzen Schallwellen in Luft vorführen. Als Sender benutzt

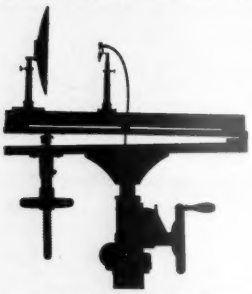


Fig. 1. Schallsender für cm-Wellen. Betriebsdruck der kleinen Pfeife 1 bis 1,5 Atm.

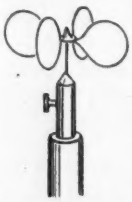


Fig. 2. Flügelrad als Wellenindikator oder -empfänger.

man eine kleine Pfeife ($\lambda \approx 1$ cm) im Brennpunkt eines Hohlspiegels (Fig. 1). Geeignete Empfänger erhält man durch Ausnutzung der Kräfte, die durch den Strahlungsdruck des Schalles entstehen. Man kann z. B. eine Seifenblase ($2r \approx 4$ cm) an einem vertikalen Glasrohr neben dem Brennpunkt eines Hohlspiegels so aufhängen, daß die Schallwellen tangential am Äquator der Blase vorbeistreichen. Dann gerät die Blase in lebhafte Rotation, das ist an kleinen Einschlüssen der Seifenhaut gut zu erkennen. Etwas weniger primitiv ist ein kleines, mit einem Glashütchen auf einer Nadel gelagertes Flügelrad aus steifem Papier oder dünnem Aluminiumblech (Fig. 2). Nimmt man nur einen Flügel und ersetzt man Glashütchen und Nadel durch ein feines, beiderseitig gespanntes Metallband, so entsteht das als Schallradiometer bekannte Meßinstrument. Man hat heute kleine, handliche Ausführungsformen mit magnetischer Dämpfung und kurzer, aperiodischer Einstellzeit (≈ 2 sec). Mit dem Schallradiometer lassen sich recht eindrucksvolle Experimente quantitativ ausführen, z. B. über die Beugung an Spalten, Gittern und Kristallmodellen[1]). Auch kann man alle aus der Optik in großer Mannigfaltigkeit bekannten Interferenzerscheinungen beobachten[1]).

Das nächstliegende ist bekanntlich, zum quantitativen Nachweis für die Schallstrahlung genau wie für andere Strahlungen ein Thermoelement zu benutzen. Für die volle Strahlung in Fig. 1 geht das

[1]) Vgl. R. W. Pohl: Mechanik, 10./11. Aufl. § 119 bis 124. Berlin: Springer 1947. Das dort noch in Fig. 394 abgebildete Schallradiometer ist heute veraltet.

ohne weiteres, wenn man das Thermoelement als Empfänger in den Brennpunkt eines Hohlspiegels stellt. Man erhält leicht einen Galvanometeraufschlag von etwa 0,5 m bei etwa 4 m Skalenabstand. — Bei vielen Versuchen aber, z. B. mit einem Spalt oder mit einem Beugungsgitter, wird ein großer Bruchteil der Strahlungsleistung durch die Spaltbacken oder die Gitterbalken abgeschirmt. Dann muß man zu einem höchstempfindlichen Galvanometer greifen, doch eignen sich diese kostspieligen Instrumente wenig für einen Hörsaal.

Die genannten Versuche sind in zweifacher Hinsicht nicht ganz befriedigend: Man muß die Richtungs- oder Winkelabhängigkeit der Strahlungsleistung punktweise ausmessen; das erfordert immer etliche Minuten und beschränkt die Auswahl unter den vielen wichtigen Fällen. Außerdem vermitteln die Versuche dem Auge kein direkt überschaubares Bild eines freien Schallfeldes mit seiner periodischen Folge von Gebieten gesteigerter und verminderter Luftdichte. Dieses Feld breitet sich bekanntlich in Zimmerluft (bei kleinen Amplituden) mit einer Geschwindigkeit von rund 340 m/sec aus, und daher kann es nur in „Momentbildern" festgehalten werden. Das ist oft geschehen: Man hat die Knallwellen elektrischer Funken mit der Töplerschen Schlierenmethode photographiert, Momentbilder dieser Art sind heute allgemein bekannt. Auch läßt sich die Schlierenmethode unschwer so ausgestalten, daß ein einzelner Beobachter die Momentbilder von Knallwellen im Gesichtsfeld eines Fernrohres aufblitzen sieht[1]). Es fehlte aber ein Verfahren, das auch einem großen Kreise ein Feld freier periodischer Schallwellen sichtbar macht, und zwar mit einem ganz bescheidenen Aufwand. Das läßt sich zwar nicht allgemein erreichen, wohl aber für den Sonderfall stehender Wellen. Im folgenden sollen zwei Verfahren dieser Art beschrieben werden. Das erste liefert gleichzeitig einen sehr einfachen Empfänger für kurze Schallwellen, dessen Empfindlichkeit der des Radiometers vergleichbar ist.

Erstes Verfahren.

Man begrenzt ein in der Zimmerluft befindliches Schallfeld auf der Unterseite durch eine Flüssigkeitsoberfläche und verformt diese durch den Strahlungsdruck.

In Fig. 3 steht links der aus Fig. 1 bekannte Sender. Sein parallel begrenztes Schallwellenbündel fällt nahezu streifend auf die Flüssigkeit in einer flachen Glaswanne oder -schüssel. Am rechten Ende trifft das Bündel nahezu senkrecht auf eine Metall- oder Holzplatte *R*. Das reflektierte Bündel läuft wieder nach links, und die Überlagerung der gegenläufig fortschreitenden Wellen erzeugt in der Luft die stehenden Wellen mit Bäuchen und Knoten. In den Bäuchen ist der Strahlungsdruck groß, in den Knoten klein. Daher wird die Flüssigkeitsoberfläche verformt, man erhält ein Bild wie in Fig. 4. Es ist bei schräger Aufsicht ohne weiteres sichtbar. Für einen großen Kreis macht man mit einer „punktförmigen" Lichtquelle ein Youngsches Schlierenbild mit reflektiertem oder durchgehendem Licht. Das letztere geschieht in Fig. 3. Die Lichtquelle (kleine Bogenlampe) befindet sich unter der flachen Wanne, das Schlierenbild erscheint an der Decke des Hörsaals. Die Fig. 4 ist seine Photographie. Sie ist mit einer besonders unempfindlichen Platte in 10 sec Belichtungszeit aufgenommen. Trotzdem ist das Bild scharf: Die Wellen „stehen", und damit ist die Konstanz der Senderfrequenz erwiesen.

[1]) Töpler, M.: Ann. d. Phys. (4) **27**, 1043 (1908).

Die lange Belichtungszeit ist vorteilhaft. Sie vermeidet die Störung des Bildes durch die Schlieren kleiner, auf der Flüssigkeit schwimmender Staubteilchen: Man kann kurz vor der Aufnahme über die Flüssigkeit hinweg blasen und dadurch langsame oberflächliche Strömungen hervorrufen. Durch sie werden die Schlieren des Staubes zu langen, kaum erkennbaren Linien ausgezogen (vgl. z. B. Fig. 8). Als einziger Schönheitsfehler verbleiben die unvermeidlichen Kratzer auf dem Spiegelglasboden der Schale. Kein Institutsleiter vermag es ja durchzusetzen, daß optisch benutztes Glas stets auf Flanell gelagert wird!

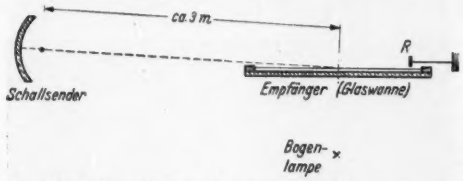


Fig. 3. Flüssigkeitsoberfläche als Wellenanzeiger oder -empfänger mit Beobachtung der Schlieren im durchfallenden Licht. Flüssigkeitsoberfläche bis dicht an den Rand der Wanne, um streifenden Einfall zu ermöglichen und störende Reflektionen zu vermeiden. Reflektor *R* wenige Millimeter über der Flüssigkeitsoberfläche, damit der zwischen beiden verbleibende Spalt möglichst wenig von der Schallstrahlung hindurch läßt. Sonst gibt es rechts vom Reflektor Nebenerscheinungen, wie z. B. in Fig. 5. Man kann den Spalt ganz vermeiden, wenn man den Reflektor ohne Halter einfach auf den Boden der Wanne stellt, doch werden dann seine Umrisse im Schlierenbild etwa verwaschen, weil sich die Oberfläche an den Berührungslinien wölbt.

Als Flüssigkeit genügt zwar Wasser, aber erheblich besser ist Petroleum. Seine Oberflächenspannung ($2{,}7 \cdot 10^{-2}$ Wsec/m²) ist nur rund $^1/_3$ von der des Wassers, auch seine Dichte ist kleiner. Infolgedessen bekommt die Verformung der Oberfläche größere Amplituden. —

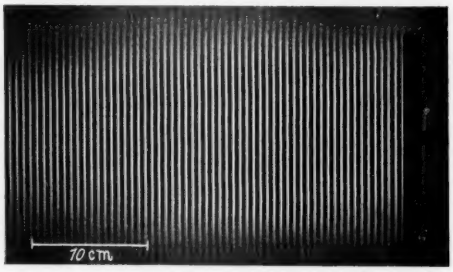


Fig. 4. Stehende Schallwellen vor einem ebenen Spiegel. Petroleumoberfläche. $\lambda = 1{,}06$ cm. Dieses Bild, sowie die Fig. 5—11, nach Aufnahmen von Herrn Mechanikermeister W. Nabel. (10 sec Belichtungszeit, wenn nicht anders bemerkt.) Macht man den Reflektor länger als den Durchmesser des Schallwellenbündels, so sieht man gut die seitliche Begrenzung dieses Bündels.

Hinzu kommt ein anderer Vorteil. Wie andere flüssige Brennstoffe benetzt auch Petroleum alle Körper. Daher vermag kein Staub auf seiner Oberfläche zu schwimmen, und so werden die Wellenbilder nicht durch Schlieren von Staubteilchen gestört.

Petroleum brennt nicht ohne Docht. Infolgedessen gibt es auch bei Anwendung einer offenen Lichtquelle (Kohlebogenlampe) keine Brandgefahr.

Nach diesen Bemerkungen zur Versuchstechnik einige weitere Beispiele. In der Bilderfolge 5 bis 7 werden je zwei plane Reflektoren verwandt, die miteinander verschiedene Winkel bilden. Es interferieren also jetzt je zwei reflektierte mit einem einfallenden Wellenbündel. Demgemäß ist die Gestalt der stehenden Wellen vor diesen Winkelspiegeln verwickelter als in Fig. 4. Man beachte die Vereinfachung, die sich im Grenzfall des rechten Winkels ergibt (Fig. 6).

Die Bilderfolge 8 bis 10 zeigt stehende Wellen bei Anwendung gekrümmter Reflektoren. Die Fig. 8 ermöglicht es, die Wirkung eines Hohlspiegels zu erläutern und den endlichen Durchmesser des Gebietes, das man in der geometrischen Optik als Brennpunkt bezeichnet. (Im Abstande $r/2$ vor der Spiegeloberfläche.) In Fig. 10 besteht der Reflektor aus einem flachen zylindrischen Ring. Die einfallenden Wellen erreichen die Innenwand rechts in der Nähe des Haltestabes.

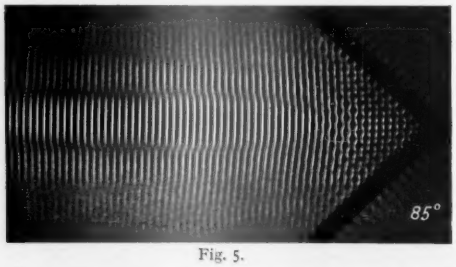


Fig. 5.

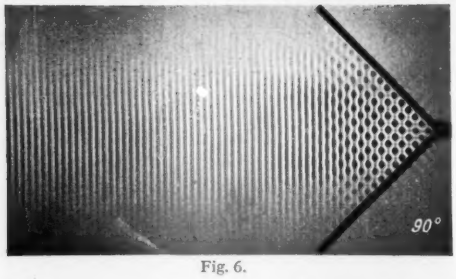


Fig. 6.

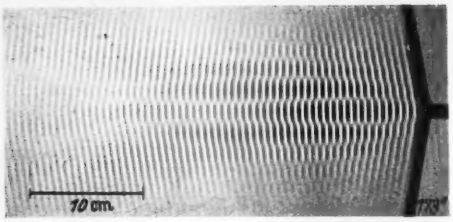


Fig. 7.

Fig. 5—7. Stehende Schallwellen vor Winkelspiegeln. Fig. 5 und 7 mit Wasser-, Fig. 6 mit Petroleumoberfläche. In diesem Bilde sieht man links unten einen wabenförmigen Untergrund. Er rührt von staubförmigen Verunreinigungen auf dem Boden der Glaswanne her. Man kann ihn durch Umrühren für einige Zeit beseitigen. Das ist vor der Aufnahme des Bildes vergessen worden.

Dadurch entsteht die Unsymmetrie des Wellensystems.

Recht lehrreich ist endlich die Fig. 11. Als Reflektor dient in ihr eine Hand. Der für Optik Interessierte sieht die Strahlung eines bestrahlten „Nichtselbstleuchters" oder die vom bestrahlten Körper ausgehende „Sekundärstrahlung". — Der Tierfreund sieht die hochfrequente Schallstrahlung (in diesem Beispiel $n \approx 30\,\mathrm{kHz}$), mit der die Fledermäuse im Stockdunkeln oder der Augen beraubt alle Hindernisse lokalisieren und damit der Technik das Vorbild des „Radarverfahrens" liefern. (Man vergleiche die räumlichen Abmessungen eines Radargerätes und seinen großen apparativen Aufwand mit dem winzigen Ohr einer kleinen Fledermaus: Ein solcher Vergleich mahnt zu bescheidener Bewertung unserer „technischen Errungenschaften"!)

Von Feinheiten abgesehen, macht die Deutung der Bilder keine Schwierigkeiten: Stehende Wellen können immer nur dort auftreten, wo den einfallenden Wellen reflektierte entgegenlaufen. Solche reflektierte Wellen fehlen z. B. in den Fig. 5—7 dort, wo die Winkelspiegel in den reflektierten Wellen parallele Interferenzstreifen erzeugen. Sie fehlen ferner in Fig. 8 dort, wo die vom Hohlspiegel kommenden Wellen kegelförmig begrenzt sind. Man darf die Fig. 5—11 trotz aller

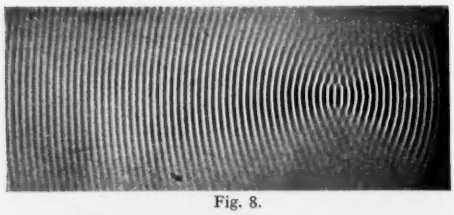


Fig. 8.

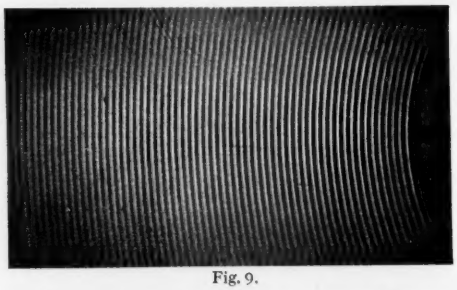


Fig. 9.

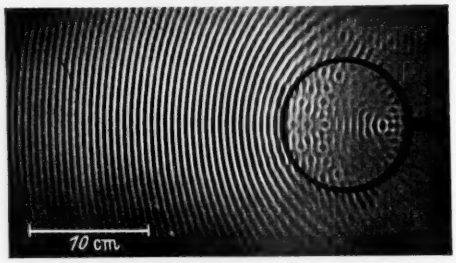


Fig. 10.

Fig. 8—10. Stehende Schallwellen vor gewölbten Spiegeln. Fig. 8 mit Wasser-, Fig. 9 und 10 mit Petroleumfläche.

Ähnlichkeit nicht mit Momentbildern fortschreitender Wellen gleichsetzen.

Für den Physiker ist das oben beschriebene Verfahren in einer Hinsicht besonders wichtig: Es liefert ihm eine sichere und bequeme Möglichkeit, die Wellenlänge einer hochfrequenten Pfeife auf einen gewünschten Wert einzustellen, vor allem aber die Strahlung konstant und einwellig zu machen. Das gelingt nur, wenn man die Länge des Pfeifenrohres und die Schlitzweite aufeinander passend einstellt. Das ist recht zeitraubend, wenn man zur Messung und Kontrolle nur eines der üblichen Interferenzverfahren zur Verfügung hat. Mit der Flüssigkeitsoberfläche als Wellenindikator ist es aber eine ganz einfache Angelegenheit.

Schließlich haben die oben beschriebenen Versuche auch für den Schulunterricht Bedeutung. Die briefliche Anfrage einer Studienreferendarin, Frl. Irmgard Durner in München, war überhaupt der Anlaß,

einmal wieder die Aufgabe eines einfachen Wellenindikators vorzunehmen.

Unsere Schullehrer müssen ja unter Bedingungen arbeiten, die zwar durch mangelnde Sachkenntnis der Verwaltung erklärt, aber nicht entschuldigt werden können: Eine Mehrzahl von Physiklehrern, erfahrene und unerfahrene, geschickte und ungeschickte, müssen dieselben Apparate benutzen, und dabei läßt man ihnen allen nicht einmal das allerwichtigste, nämlich die zur experimentellen Vorbereitung erforderliche Zeit! Infolgedessen eignen sich für den Schulunterricht nur Versuchsanordnungen, die die Zeit der experimentellen Vorbereitung auf ein Minimum reduzieren. So muß die Schule, von wenigen Ausnahmen abgesehen, auf das Schallradiometer verzichten. Aber trotzdem kann die Schule fast jeden erwünschten Versuch aus der „Optik" hochfrequenter Schallwellen bringen, wenn sie als Wellenindikator die mit Petroleum gefüllte Wanne benutzt und über ihrer Oberfläche als Reflektor einen Winkel- oder Hohlspiegel passender Größe.

Besonders geeignet sind Interferenzversuche, bei denen man den ganzen Querschnitt des Schallwellenbündels, wie er vom Durchmesser des Hohlspiegels im Sender (Fig. 1) bestimmt wird, ausnutzen kann. Die beiden einfachsten Anordnungen sind in den Fig. 12 und 13 skizziert. In beiden braucht man halbdurchlässige Spiegelflächen, und zwar in Fig. 12 zum Eingrenzen einer planparallelen Luftschicht der Dicke d, in Fig. 13 für die „Teiler-Platte" T. Halbdurchlässige Spiegelflächen erhält man bequem mit perforierten Blechen. Von einem solchen, das z. B. für Fig. 12 benutzt wird, ist ein kleines Stück mit Maßangabe im Nebenbild dargestellt.

Bei den Interferenzen an planparallelen Platten (Fig. 12) wirkt eine Drehung wie eine Änderung der Plattendicke. Es genügt also, den Einfallswinkel zu verändern. Beobachtet man mit durchgehender Strahlung, so bekommt man Minima dort, wo die Bedingung

$$2d\cos\beta = m\lambda$$
(m = ganze Zahl)

erfüllt ist. Die Tabelle 1 gibt als Beispiel Messungen für drei verschiedene Wellenlängen. Man findet $\lambda_1 = 11{,}1$ mm, $\lambda_2 = 13{,}8$ mm und $\lambda_3 = 10{,}0$ mm, in guter Übereinstimmung mit den Werten, die Kontrollaufnahmen nach Art der Fig. 4 ergaben.

Tabelle 1.

Wellenlänge λ	Plattendicke d	Einfallswinkel β für Minima der Durchlässigkeit	Daraus folgt: $2d\cos\beta = m\cdot\lambda$
11,05 mm	24,4 mm	24,5°	44,4 mm = 4 · 11,1 mm
		47,5°	33,0 mm = 3 · 11,0 mm
13,8 mm	24,4 mm	32,4°	41,1 mm = 3 · 13,7 mm
		55,8°	27,5 mm = 2 · 13,8 mm
10,0 mm	35 mm	0°	70 mm = 7 · 10,0 mm
		29,5°	61 mm = 6 · 10,2 mm
		44,3°	50,1 mm = 5 · 10,0 mm
		56,0°	39 mm = 4 · 9,8 mm

Zweites Verfahren.

Es ist äußerlich eine Abart des ersten: Das Schallfeld wird nicht von einer Flüssigkeitsoberfläche begrenzt, sondern von einer Flüssigkeitslamelle durchschnitten. Dabei wird nicht die Verformung der Lamelle benutzt, sondern ihre Trübung im Gebiet der Wellenbäuche.

Fig. 11. Stehende Schallwellen vor einer Hand. Petroleumfläche; Belichtungszeit 1 sec, mit empfindlicher Platte, rechts von der Hand etwas verschmutzt.

Seit den Arbeiten von O. WIENER[1]) kann man auch stehende Lichtwellen nachweisen. In Fig. 14 fällt beispielsweise ein parallel begrenztes Lichtbündel senkrecht auf einen Metallspiegel, die Schnittbereiche der

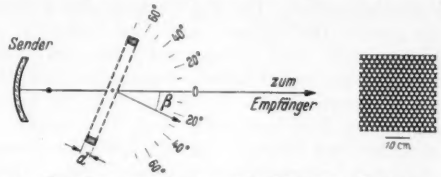


Fig. 12. Interferenzanordnung nach HAIDINGER-LUMMER. Die planparallele Luftschicht der Dicke d wird von zwei perforierten Blechen eingegrenzt, von denen ein Teilstück rechts abgebildet ist.

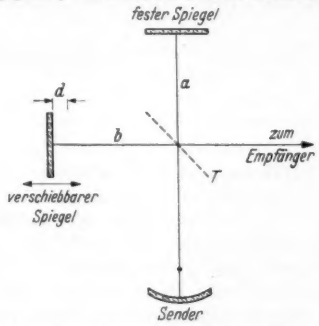


Fig. 13. Interferenzanordnung nach MICHELSON. Die Luftschicht der Dicke $d = b - a$ entspricht der gleichgenannten Luftschicht in Fig. 12. Um d zu ändern, verschiebt man den einen Spiegel mit einem Schlitten.

Wellenbäuche mit der Papierebene sind durch feine Linien angedeutet. In dieses Gebiet stehender Wellen bringt man eine sehr dünne fluoreszierende Lamelle H und neigt sie schwach gegen die Wellenbäuche. Dann markieren sich die Bereiche, in denen die Wellenbäuche die Lamelle schneiden, durch äquidistante leuchtende Streifen. Sie sind dort, wo sie in Fig. 14 die Papierebene durchstoßen, mit kurzen Strichen angedeutet. — Dieser Versuch gilt als schwierig, und darum wird er nur selten ausgeführt.

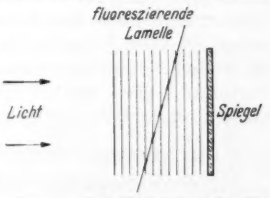


Fig. 14. Zum Nachweis stehender Lichtwellen mit einer fluoreszierenden Lamelle.

[1]) WIENER, O.: Wiedemanns Ann. Physik 40, 203 (1890)

Ein ganz entsprechender Versuch gelingt mit hochfrequenten Schallwellen. Die fluoreszierende Lamelle wird durch eine Seifenlamelle ersetzt und der Metallspiegel durch eine Mattglasscheibe. Eine neben dem Sender stehende Bogenlampe wirft ein Schattenbild der Seifenlamelle auf die Mattscheibe. Dieses Schattenbild wird auf der Rückseite der Scheibe betrachtet

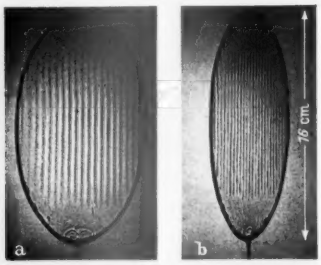


Fig. 15. Nachweis stehender Schallwellen mit einer Seitenlamelle, bei zwei verschiedenen Neigungen der Lamelle.

oder photographiert. Die Fig. 15 zeigt das Ergebnis für die gleiche Wellenlänge, aber zwei Lamellen verschiedener, aus dem Achsenverhältnis des Kreisrahmenschattens ersichtlichen, Neigungen. Die Wellenbäuche geben dunkle Schatten, weil die Seifenlamelle in den Bäuchen trübe wird. Das beruht auf der Ausscheidung winziger Gasbläschen (Kavitation). Die Bläschen verschwinden in etwa 1 min. Daher muß man für jede Wiederholung eine neue Seifenlamelle nehmen. Aus dem gleichen Grunde muß man erst die Lamelle bei abgeblendetem Schallfeld vor den Mattglasreflektor stellen (Abstand unwesentlich, etwa 20 cm), warten, bis die Strömungen in der frisch hergestellten Lamelle abgeklungen sind und erst dann die Schallstrahlung freigeben. — Für Beobachtungen im reflektierten Licht sind Seifenlamellen wenig geeignet, sie werden zu stark durch unvermeidliche Luftströmungen verzerrt, und außerdem stören optische Interferenzfarben.

Zusammenfassung.

Es werden zwei Verfahren beschrieben, mit denen man ohne nennenswerten Aufwand stehende Wellen im freien Schallfeld in Zimmerluft nachweisen kann.

Beim ersten Verfahren begrenzt man das Schallfeld auf der Unterseite durch eine Flüssigkeitsoberfläche. Diese wird durch den Strahlungsdruck verformt und die Verformung im Schatten-Schlierenbild beobachtet (Fig. 4).

Beim zweiten Verfahren wird das Schallfeld von einer Seifenlamelle schräg durchschnitten und ein Schattenbild der Trübung beobachtet, die von den Wellenbäuchen durch Gasabscheidung erzeugt wird (Fig. 15).

Nach dem ersten Verfahren erhält man mit primitivsten Mitteln einen Empfänger für Interferenzversuche usw., dessen Empfindlichkeit mit der eines guten Schallradiometers vergleichbar ist.

Göttingen, I. Physikalisches Institut der Universität.

Eingegangen am 27. August 1951.

Zellstoffwechsel und Zellteilung.

Von HANS LETTRÉ, Heidelberg.

Die „Zytochemie" stellt es sich zur Aufgabe, einmal das Erfahrungsgut der beschreibenden Wissenschaften, der Histologie und Zytologie, über die Zellmorphologie mit den Ergebnissen der Biochemie über die Stoffwechselvorgänge innerhalb der Zelle zu vereinen, andererseits die Teilsysteme der Fermente, die durch biochemische Methoden aus dem Gesamtsystem der Zelle abgetrennt wurden, wieder innerhalb der Zelle zu lokalisieren und ihre Bedeutung für das Gesamtsystem zu bestimmen. Wenn hier ein spezieller Komplex der Zellmorphologie, die Zellteilung, und aus diesem wieder eine spezielle experimentelle Beobachtung behandelt werden soll, so setzt dies eine kurze zytochemische Betrachtung der ruhenden Zelle voraus, d.h. ihres Stoffwechsels und dessen Lokalisation. Bei der Fülle des Materials kann dieser Überblick nur vereinfachend sein, einen idealisierten Zelltyp zugrunde legen, und Probleme spezieller Zellarten müssen außer Betracht gelassen werden.

Atmung, Glykolyse und Wachstum.

Von den Umsetzungsreaktionen der Kohlenhydrate, speziell der Hexosen, ist der oxydative Abbau nach Gl. (1) die Reaktion mit größtem Energiegewinn von 672000 cal/Mol, bei der 10 bis 12 Molekeln Adenosintriphosphorsäure (ATP) als Verbindungen mit energiereichen Phosphatbindungen gebildet werden (F. LYNEN [*1*]).

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O + 672000\,\text{cal}\,(10-12\,\text{ATP}). \quad (1)$$

Diese Substanzen mit energiereichen Bindungen müssen wir als die Energieüberträger innerhalb der Zelle ansehen, als die biologischen Äquivalente der physikalischen Energieeinheiten. Nach G. V. SCHULZ [*2*] ist die Stabilität der hochmolekularen Verbindungen (Proteine, Nukleinsäuren, polymere Kohlenhydrate) von der Anwesenheit der energiereichen Verbindungen abhängig, so daß der mit ihrer Bildung verlaufende dissimilierende Prozeß der Atmung notwendig zur Aufrechterhaltung der Strukturelemente der Zelle ist. In der Tat geht der Autolyse, die auf Zellschädigungen und den Zelltod folgt, zeitlich der Zerfall der energiereichen Verbindungen voraus. Wenn so schon mit der Aufrechterhaltung der Zellstruktur einer sog. ruhenden Zelle eine stete chemische Arbeitsleistung gekoppelt sein muß, so wird man annehmen, daß mit Vorgängen wie Wachstum und Zellteilung ein noch größerer Energieaufwand verknüpft ist. O. WARBURG [*3*] konnte zeigen, daß die geringe Atmung unbefruchteter Seeigeleier nach der Befruchtung, d.h. dem Einsetzen von Kern- und Zellteilungen, stark zunimmt. Diesem Schema, vermehrtes Wachstum = vermehrte Atmung, fügen sich aber nach den Befunden von WARBURG [*4*] die schnell wachsenden bösartigen Tumoren nicht ein: sie zeigen keine stärkere Atmung als normales Gewebe, daneben aber eine gesteigerte Fähigkeit zur Spaltung von Glukose in Milchsäure. Diese nach Gl. (2) verlaufende Reaktion liefert weniger Energie und damit weniger

energiereiche Verbindungen als die Verbrennungsreaktion:

$$C_6H_{12}O_6 = 2C_3H_6O_3 + 24000\ \text{cal}\ (2\ \text{ATP}) \qquad (2)$$

Zur Gewinnung gleicher Energiebeträge ist also bei Zellen mit vorwiegend glykolytischem Stoffwechsel ein größerer Kohlenhydratumsatz notwendig. Durch vergleichende Untersuchung von bösartigen und gutartigen Tumoren, embryonalem Gewebe, jugendlichem und ruhendem Gewebe kam WARBURG zu dem Ergebnis, daß die wachsenden Zellen alle glykolytische Fähigkeit haben, daß nur das Verhältnis von Glykolyse zu Atmung in der Reihenfolge des Abfalls der Wachstumstendenz abfällt. Bei den Tumoren reicht die Atmung nicht aus, um die Glykolyse zum Verschwinden zu bringen, es bleibt eine aerobe Glykolyse bestehen; bei embryonalem Gewebe vermag die Atmung die Glykolyse zum Verschwinden zu bringen, unter anaeroben Bedingungen ist starke Glykolyse vorhanden; erwachsene ruhende Gewebe zeigen eine geringe anaerobe Glykolyse. WARBURG faßt seine Ergebnisse in dem Satz zusammen: „Kein Wachstum ohne Glykolyse", wobei die Einschränkung gemacht wird, daß nicht umgekehrt jede Zellart mit Glykolyse wachsen muß (Retina, graue Hirnsubstanz). Die Messungen des Stoffwechsels wurden von WARBURG unter Bedingungen durchgeführt, bei denen die Gewebe kein Wachstum zeigen, so daß die Stoffwechselbefunde nicht unmittelbar das Verhalten der Gewebe während des Wachstums und eine Relation zu den stattfindenden Zellteilungen angeben. Die Möglichkeit, diese Lücke durch Stoffwechselmessungen an in der Gewebekultur wachsenden Zellen [*5*] zu schließen, ist noch nicht genügend ausgenützt worden. Eine neuere Arbeit von R. J. O'CONNOR [*6*] setzt die Zahl der Zellteilungen im Mittelhirn des Hühnerembryos zwischen dem 3. und 8. Entwicklungstag in Beziehung zu der Atmung und aeroben Glykolyse. In dieser Zeit nimmt die Zahl der Zellteilungen von 80000 auf 400 je cmm³ Gewebe ab; die Atmung ändert während dieser Zeit ihre Größe nicht, während die aerobe Glykolyse abnimmt. Es ergibt sich eine lineare Beziehung zwischen Zahl der Zellteilungen und aerober Glykolyse (s. Fig. 1). Extrapoliert man die Kurve auf die Zahl der Zellteilungen = 0, so bleibt ein Rest von aerober Glykolyse, der entweder als notwendig für eine von der Zellteilung unabhängige Zellreaktion gedeutet werden kann oder aber einen Schwellenwert für den Eintritt in die Zellteilung darstellt. Die Versuche von O'CONNOR zeigen, daß wenigstens ein Teil des Systems der aeroben Glykolyse in direkter Beziehung zur Zellteilung, entweder ihrer Vorbereitung oder ihrer Durchführung, steht. Ob die Atmung in den sich teilenden Zellen unverändert oder völlig unterdrückt ist, kann aus den Versuchen von O'CONNOR nicht ersehen werden, da der Anteil der Zellen in Teilung nur wenige Prozente ausmacht und die Atmung keine charakteristischen Änderungen aufweist. BRACHET [*7*], STEFANELLI [*8*] und ZEUTHEN [*9*] fanden durch Messungen an einzelnen befruchteten Eiern, daß während der Zellteilung die Atmung unverändert ist oder sogar ansteigt. Demgegenüber stehen Befunde, daß Fibroblasten in vitro auch bei Sauerstoffmangel wachsen [*10*], so daß die Frage, ob die Atmung bei der Zellteilung fakultativ oder obligat beteiligt ist, nicht entschieden ist.

Die Fermentsysteme der Atmung und Glykolyse.

Die Gl. (1) und (2) sind Bilanzgleichungen; die Umwandlung der Glukose findet über eine große Zahl von fermentativ gesteuerten Einzelreaktionen statt. Glukose geht über Glukose-6-phosphat in Fruktose-6-phosphat und weiter in die Fruktose-1,6-diphosphorsäure, den HARDEN-YOUNG-Ester, über. Dieser wird durch das Ferment Aldolase in Phosphoglyzerinaldehyd und Dioxyazetonphosphorsäure gespalten, die untereinander durch ein Ferment im Gleichgewicht stehen. Anorganische Phosphorsäure addiert sich an die Aldehydgruppe des 3-Phosphoglyzerinaldehyds, und dieses Addukt wird durch ein Codehydrase enthaltendes Ferment zu 1,3-Diphosphoglyzerinsäure dehydriert. Diese überträgt unter Mitwirkung eines Fermentes eine Molekel Phosphorsäure

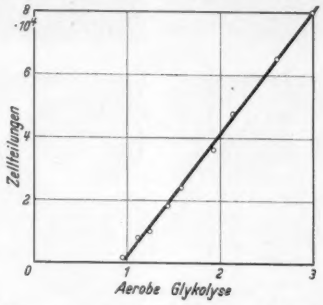


Fig. 1. Beziehung zwischen Zellteilungen und aerober Glykolyse nach O'CONNOR [*6*]. Abszisse: Aerobe Glykolyse in mm³ CO_2 je mm³ Gewebe in 1 Std. Ordinate: Zellteilungen je mm³ Gewebe in 1 Std.

auf Adenosindiphosphorsäure zu ATP. Die entstandene 3-Phosphoglyzerinsäure wird in 2-Phosphoglyzerinsäure umgelagert, aus welcher durch Wasserabspaltung Phospho-enolbrenztraubensäure entsteht. Diese kann wiederum mit Adenosindiphosphorsäure (ADP) eine Molekel ATP bilden, wobei sie in Brenztraubensäure übergeht. An diesem Übergang von 1 Mol Glukose in 2 Mol Brenztraubensäure sind insgesamt 11 Fermente beteiligt. Begleitet ist die Reaktion von der Bildung von 2 Molekeln hydrierter Codehydrase (Co) und von 4 Molekeln ATP, von denen zwei zur Phosphorylierung der Hexose abzuziehen sind. Es ergibt sich die Gleichung:

$$\left.\begin{array}{l} C_6H_{12}O_6 + 2\text{ATP} + 2\text{ADP} + 2\text{Co} + 2H_3PO_4 \\ = 2CH_3\text{—CO—COOH} + 2\text{Co—}H_2 + 4\text{ATP} + 2H_2O \end{array}\right\} \qquad (3)$$

Wird die hydrierte Codehydrase nicht unter Vermittlung weiterer Fermente vom Sauerstoff dehydriert, so tritt bei Gegenwart des zugehörigen Apofermentes die Hydrierung der Brenztraubensäure zur Milchsäure ein, und wir haben die Gleichung der Glykolyse, die unter Gewinn von 2 ATP abläuft.

$$\begin{array}{l} C_6H_{12}O_4 + 2\text{ATP} + 2\text{ADP} + 2H_3PO_4 \\ \qquad\qquad = 2CH_3\text{—CHOH—COOH} + 4\text{ATP} + 2H_2O \end{array}$$

Diese Reaktion würde zum Stillstand kommen, wenn alle anorganische Phosphorsäure in der Zelle in dieser Umsetzung verbraucht und in Form von ATP oder Hexosediphosphat fixiert ist. Damit das anorganische Phosphat seine katalytische Funktion ausüben kann, muß im Überschuß gebildete Adenosintriphosphorsäure wieder gespalten werden können, wofür in der Zelle eine Adenosintriphosphatase vorhanden

ist. Obschon in der Zelle die Anwesenheit der ATP notwendig ist, würde die ausschließliche Fixierung von Phosphat in dieser Form den Stoffwechsel zum Stillstand bringen; nur das Nebeneinander von ATP und anorganischem Phosphat ermöglicht den Kohlenhydratumsatz (F. LYNEN [*1*], O. WARBURG [*14*]).

Zur Dehydrierung hydrierter Codehydrase durch Sauerstoff wird eine Kette von Fermenten benötigt: Die Diaphorase, die den Wasserstoff von der hydrierten Codehydrase aufnimmt und durch das System der Zytochrome a, b, c dehydriert wird. Die Zytochromoxydase schließlich vermag unmittelbar mit Sauerstoff zu reagieren und das Zytochromsystem zu reoxydieren.

Brenztraubensäure wird durch eine Oxydase zu CO_2 und Essigsäure oxydiert, wobei die Essigsäure in einer aktivierten Form entsteht, die mit Oxalessigsäure zu Zitronensäure kondensieren kann. Die

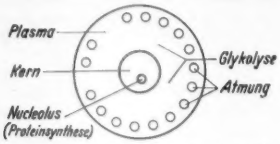


Fig. 2. Verteilung der wichtigsten Stoffwechselsysteme in der Zelle. Glykolyse im nicht strukturierten Plasma, Atmung in den Mitochondrien. Proteinsynthese in Kern und Nukleolus, aber auch in Mitochondrien.

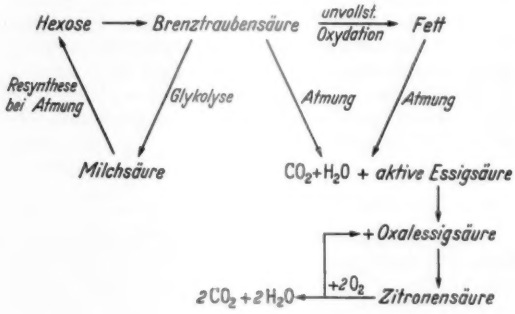
Zitronensäure wird dann über Aconitsäure, Isozitronensäure, Oxalbernsteinsäure, α-Ketoglutarsäure, Bernsteinsäure, Fumarsäure und Äpfelsäure zu Oxalessigsäure abgebaut, wobei in diesem Zyklus $2\,CO_2$ und $2\,H_2O$ entstehen. Jede dieser Stufen ist wieder von einem Ferment gesteuert.

Die Entstehung der Fettsäuren ist auch auf die Brenztraubensäure zurückzuführen, welche durch Decarboxylierung in Azetaldehyd übergeht. Aus Azetaldehyd entstehen durch Kondensation, Hydrierung und Oxydation die Fettsäuren. Bilanzmäßig erscheint die Bildung der Fette aus Kohlenhydraten als ein unvollständiger Oxydationsvorgang (K. BERNHAUER [*11*]):

$$4C_6H_{12}O_6 + O_2 = \underset{\text{Palmitinsäure}}{C_{16}H_{32}O_2} + 8CO_2 + 8H_2O$$

$$14C_6H_{12}O_6 + 4O_2 = \underset{\text{Triolein}}{C_{57}H_{104}O_6} + 27CO_2 + 32H_2O$$

Aus diesen Formulierungen ergibt sich die zentrale Stellung der Brenztraubensäure im Stoffwechsel.



Schema 1.

Man ersieht aus dem vorstehenden Schema, daß eine Unterdrückung der Atmung, sei es durch Sauerstoffmangel oder durch Vergiftung der Oxydationsfermente, eine vermehrte Glykolyse zur Folge haben muß. Wiederherstellung der Atmung bringt die Glykolyse zum Verschwinden. Jedoch bringt die Atmung in der Muskelzelle nach MEYERHOF [*12*] mehr Spaltprodukte zum Verschwinden, als sie oxydieren kann, so daß unter ihrem Einfluß eine Resynthese von Kohlenhydraten stattfinden muß. Bei abgeschwächter Atmung muß die Fettsynthese begünstigt sein. J. HILWIG und H. SCHMITZ [*13*] konnten zeigen, daß in Fibroblastenkulturen, deren Atmung durch Berberin gehemmt ist, eine starke Verfettung der Zellen auftritt.

Lokalisierung der Fermente.

Die Erfahrungen der Fermentchemie haben gezeigt, daß es Fermente gibt, die aus Zellen extrahierbar sind (Lyoenzyme), und solche, die an Strukturelemente der Zelle gebunden sind und hieraus nicht gelöst werden können (Desmoenzyme). Diese Feststellung hat durch die Anwendung des Homogenisierungsverfahrens (mechanische Zerstörung der Zelle) und Fraktionierung der Homogenisate durch Zentrifugierung eine weitere Vertiefung erfahren. In Übereinstimmung mit den Isolierungsmethoden der Fermentchemie [*14*] konnte von LE PAGE und SCHNEIDER [*15*] nach dieser Methode gezeigt werden, daß die Fermentsysteme, die Glukose zu Milchsäure umformen, vollständig in dem Überstand enthalten sind, aus dem alle strukturierten Bestandteile entfernt waren. Eine Adenosintriphosphatase hingegen befindet sich in der Mitochondrienfraktion, als ein strukturgebundenes Ferment [*16*]. Ebenso sind die Häminfermente Zytochrom a, b, c und die Zytochromoxydase in den Mitochondrien enthalten und auch für das System der Fermente des Zitronensäurezyklus, als Zyklophorase zusammengefaßt, ist die Lokalisierung in Mitochondrien wahrscheinlich [*17*]. Da der Zellkern nach DOUNCE [*18*] keine Oxydationsfermente enthält und nur Teilsysteme der Glykolyse, spielen sich Atmung und Glykolyse nur im Zellplasma ab: die Glykolyse im nicht strukturierten Plasma, die Atmung im wesentlichen in den strukturierten Plasmabestandteilen, in denen auch eine Adenosintriphosphatase enthalten ist (Fig. 2).

Plasmabewegungen in der Mitose.

Unsere Untersuchungen über die Wirkungen von chemischen Faktoren auf die Zell- und Kernteilung haben uns die weitgehende Abwandelbarkeit des Teilungsablaufes kennen gelehrt, und danach ist die Art der Zellteilung nicht nur von den Eigenschaften der Zelle bestimmt, sondern sie ist die Resultante aus den Eigenschaften der Zelle und des Milieus [*19*]. Auch die Abwandelbarkeit des Formenbildes der nicht in Teilung befindlichen Zellen unter der Wirkung stofflicher Faktoren führt zu der Formulierung, daß das morphologische Bild einer Zelle die Resultante aus Zelleigenschaften und Milieu darstellt. Es ist uns nun weiter gelungen, das Plasma nicht in Teilung befindlicher Zellen mit einem Ruhekern zu Bewegungen und Formveränderungen zu veranlassen, die denen in Teilung befindlicher Zellen entsprechen.

In einer Fibroblastenkultur beobachtet man 24 Std nach der Explantation durchschnittlich 2% Mitosen (Schwankung zwischen 0,7 bis 4,0%). 98% aller Zellen befinden sich in Teilungsruhe und damit morphologisch auch in einem Zustand der Gestaltruhe.

Die meisten Zellen sind spindelförmig, manche zeigen Ausläufer des Plasmas; die Bewegung der Zellen besteht, wie man im Zeitrafferfilm gut feststellen kann, in einem Vorwärtsgleiten der gesamten Zelle in dem Maße, wie das Wachstum der Gesamtkultur vor sich geht, unter Wahrung ihrer Form.

Mit dem Eintritt in die mitotische Teilung beginnt die Zelle Formveränderungen durchzuführen. Diese bestehen zunächst während der Prophase in der Abrundung der vorher spindelförmigen Zelle. Nach der Auseinanderführung der Chromosomensätze beginnt nun eine starke Steigerung der Plasmabewegungen: Einschnürung in der Zellmitte, fortgesetzte Ausstülpungen und Einziehungen von Pseudopodien, Auseinanderbewegung der neuen Zellen unter Durchschnürung (Fig. 3). Dieses Stadium erhöhter Plasmabeweglichkeit hört mit der Rekonstruktion des Ruhekerns wieder auf. Morphologisch gesehen müßte man diesen Plasmazustand als ein Teilerscheinungsbild der Kern- und Zellteilung ansehen und ihn als funktionell verknüpft mit der Kernteilung betrachten, der nur zur Zeit der Zellteilung auftritt.

Bei den Untersuchungen über Wirkungen von Mitosegiften haben wir aber schon gefunden, daß bei der Hemmung der Auseinanderführung der Chromosomen die Plasmabeweglichkeit erhalten bleibt, wenn auch in modifizierter Form. Colchicin hemmt die Auseinanderführung der Chromosomen durch Störung der Spindelfunktion. Die Plasmabeweglichkeit ist gegenüber der Norm herabgesetzt; es finden weniger Ausstülpungen von Pseudopodien statt, sondern mehr Kontraktionen innerhalb der Oberfläche. Trypaflavin hemmt die Auseinanderführung der Chromosomen durch deren Verklebung; die Plasmabeweglichkeit ist wie bei der unbeeinflußten Zelle erhalten, es finden fortgesetzte Ausstülpungen und Einziehungen von Plasmafortsätzen statt, die nur nicht zur Zellteilung führen. Dieses Beispiel zeigt, daß die Plasmabeweglichkeit unabhängig von dem Chromosomenzustand ist und über Zeiten anhalten kann, die weit über die der unbeeinflußten Teilung hinausgehen (s. Fig. 4) [*20*].

Auslösung von Plasmabewegungen bei Ruhezellen.

Der Gedankengang, der uns zur Durchführung der folgenden Experimente führte, war der, durch eine Ausschaltung der Stoffwechseltätigkeit der geformten Plasmabestandteile, der Mitochondrien, den Zellstoffwechsel völlig auf den der Glykolyse umzustellen (vgl. Fig. 2). Es kam also darauf an, einen Hemmstoff zu verwenden, der möglichst selektiv an den Mitochondrien angreift, ohne im Plasma eine Schädigung zu bewirken. Wir gingen dabei so vor, daß wir zu dem Kulturmedium einer Gewebekultur von Fibroblasten, die 24 Std gewachsen waren, die zu prüfende Substanz zusetzten und das Verhalten der Zellen unter dem Mikroskop beobachteten. Von zahlreichen Substanzen, die gemeinsam mit Dr. MARIANNE ALBRECHT und Dr. RENATE LETTRÉ untersucht wurden, zeigte das Viktoriablau in Mengen von 10 γ/cm³ einen bemerkenswerten Effekt. Viktoriablau ist von K. HERZBERG [*21*] als Farbstoff zur Färbung von Virusarten empfohlen worden; es zeigt besondere Affinitäten zu nukleinsäurehaltigen Zellelementen, also auch zu den Mitochondrien. Beobachtet man eine Zelle während der Andiffusion des Viktoriablaus, so zeigt sich als erstes eine zunehmende Blaufärbung der Mitochondrien im Zellplasma, hieran schließt sich die Bildung von kleinen, perlschnurartigen Vorwölbungen an der vorher glatten Zelloberfläche an. Mit steigender Blaufärbung neigen die Plasmagranula zur Verklumpung und legen sich zumeist an die Kernmembran an. Das völlig farblos erscheinende Plasma hat sich inzwischen

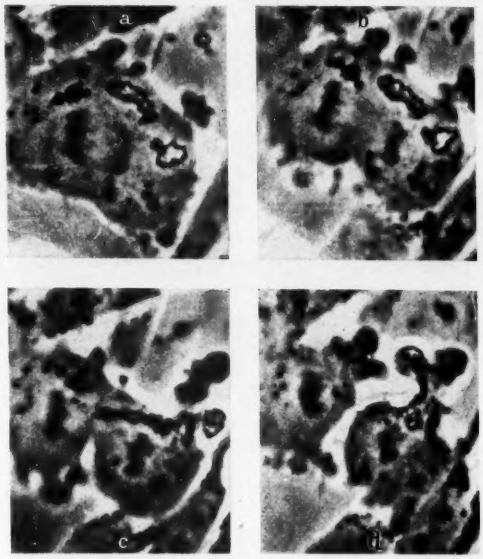


Fig. 3a—d. Plasmabewegungen während der unbeeinflußten Zellteilung.

abgerundet, es bildet fortgesetzt Pseudopodien, die wieder eingezogen werden. Diese Bewegung hält stundenlang an und kann so lebhaft sein, daß Abschnürungen und Abtrennungen von Plasmateilen vor sich gehen (Fig. 5—8). Im Laufe der Zeit färben sich auch Kernbestandteile, vor allem der Nukleolus, tiefblau an; im Zellplasma treten Fettkügelchen auf. Dieses Verhalten zeigt sich bei sämtlichen Zellen, mit denen das Viktoriablau in Berührung kommt. Wir sehen so bei allen Zellen das Plasma in einem Bewegungszustand, wie wir ihn in einer unbeeinflußten Kultur nur bei den 2% Zellen im Teilungsstadium kennen: obwohl in den Zellen ein Ruhekern vorhanden ist, zeigt das Plasma unter diesen Bedingungen das Verhalten einer Zelle in der mitotischen Teilung.

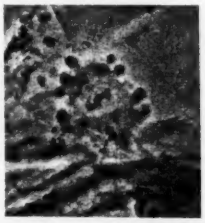


Fig. 4. Plasmabewegungen in einer Zelle, deren Chromosomen durch Trypaflavin verklebt sind. (Aus dem Film „Mitose und Mitosegifte" [*20*].)

Es ist als sicher anzusehen, daß die Energie dieser Plasmabewegungen nur aus dem glykolytischen Stoffwechsel herrühren kann, denn Viktoriablau ist als ein sehr starkes Atmungsgift bekannt [*22*]. Herr Dr. SCHMITZ hat durch Messungen der Atmung von normalen und von Tumorzellen gefunden, daß schon 5 γ Viktoriablau/cm³ die Atmung völlig unterbinden. Die Ausschaltung der Atmung würde demnach diesen Bewegungstyp hervorrufen, jedoch scheint mir die Schlußfolgerung, daß nur die Ausschaltung der Atmung die Ursache sei, bei dem komplexen Charakter

des Zellchemismus zu eng gefaßt; wahrscheinlich spielt auch die gleichzeitige Ausschaltung der in den

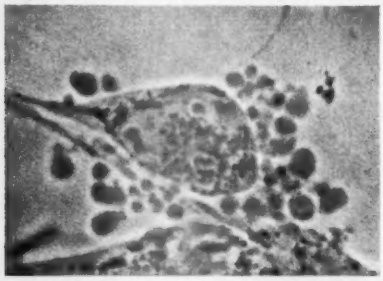


Fig. 5. Plasmaabschnürungen bei einem Fibroblasten mit Ruhekern nach Zusatz von Viktoriablau.

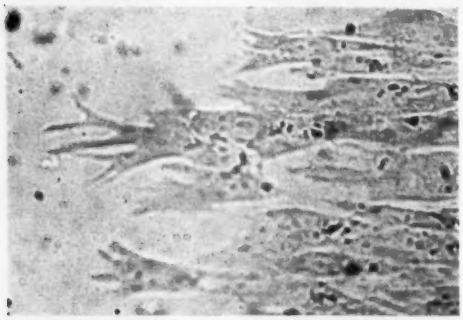


Fig. 6. 5 min nach Zusatz. Normales Bild.

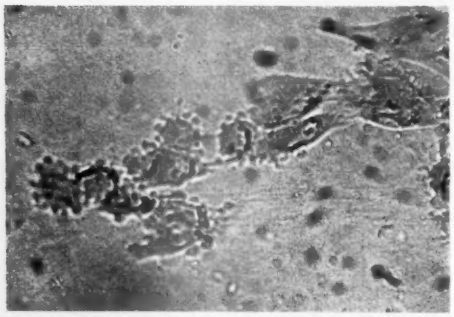


Fig. 7. 10 min nach Zusatz. Stadium der perlschnurartigen Vorwölbungen an der Zelloberfläche.

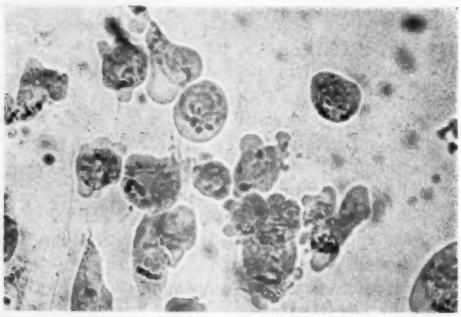


Fig. 8. 25 min nach Zusatz. Alle Zellen abgerundet, lebhafte Plasmabewegungen.

Fig. 6—8. Fibroblasten bei Gegenwart von Viktoriablau.

Mitochondrien lokalisierten Adenosintriphosphatase eine wichtige Rolle. Das Experiment gestattet aber zwei sichere Schlußfolgerungen: 1. der Bewegungstyp des Zellplasmas, der bei der mitotischen Teilung in Erscheinung tritt, wird nicht zu diesem Zeitpunkt neu ausgebildet, sondern ist in der Zelle zu jeder Zeit vorhanden, in einer blockierten Form, die zu jeder Zeit enthemmt werden kann; 2. die Atmung ist für diese Zellbewegung nicht notwendig, also nicht obligat beteiligt.

Bedeutung der Adenosintriphosphorsäure für Plasmaruhe und -bewegung.

Nach den Ergebnissen über den unterschiedlichen Gewinn an Adenosintriphosphorsäure bei der Atmung und bei der Glykolyse würde die Ausschaltung der Atmung zu einer Verminderung des Gehaltes der Zelle an dieser energiereichen Verbindung führen. Wir haben daher untersucht, in welcher Weise dem Medium zugesetzte Adenosintriphosphorsäure den durch Viktoriablau bedingten Effekt beeinflußt. 1 mg ATP/cm³

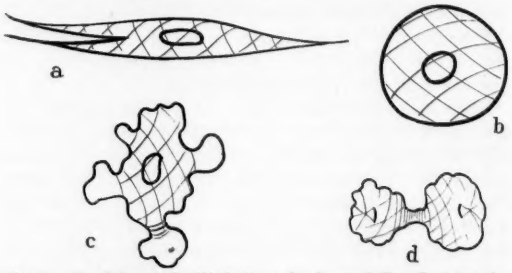


Fig. 9a—d. Schema des Verhaltens der kontraktilen Systeme der Zelloberfläche bei verschiedenen morphologischen Zellzuständen. a Ruheform. Kontraktile Systeme der Zelloberfläche in Dauerkontraktion; b abgerundete Zelle; Erschlaffung der kontraktilen Systeme; c Bildung von Plasmaabschnürungen durch unorientierte Teilkontraktionen; d orientierte Kontraktionen während der mitotischen Teilung.

verzögert das Eintreten des Effektes um 3 bis 4 Std, 0,5 mg um 2 Std. Während dieser Latenzzeit dringt das Viktoriablau in die Zelle ein, das Plasma ist blau gefärbt, die Mitochondrien nehmen Farbstoff an. Nach dieser Latenzzeit ist die zugesetzte ATP durch Selbstzerfall oder fermentativen Abbau verschwunden, und jetzt tritt das Erscheinungsbild der Plasmabewegung auf. Durch Glykolysegifte wie Brom- und Jodessigsäure kann man die durch Viktoriablau ausgelöste Plasmabewegung völlig unterdrücken.

Das beobachtete Erscheinungsbild kann man durch das obige Schema der Verteilung kontraktiler Systeme innerhalb der Zelle deuten: in den im Ruhezustand spindelförmig gebauten Fibroblasten befinden sich in der Oberfläche etwa spiralig um die Zelle kontraktile Systeme im Zustand einer Dauerkontraktion, die durch die Anwesenheit einer genügenden Menge Adenosintriphosphorsäure aufrechterhalten wird. Sinkt die Menge an ATP, so erschlaffen diese kontraktilen Systeme, und die Zelle nimmt Kugelgestalt an. Durch rhythmische Kontraktionen, die durch den relativen Mangel an ATP nur an Teilen des Systems vor sich gehen, kommen die Oberflächenbewegungen zustande, die bei genügender Intensität zur Abschnürung von Plasmateilen führen können. Bei den Zellen mit Ruhekern erfolgen die Kontraktionen regellos und willkürlich, bei einer Zelle in mitotischer Teilung erlangen sie durch die Verknüpfung mit der orientierten Bewegung der Zellspindel, dem Centriol und kontraktilen Elementen innerhalb des Zellplasmas orientierten Charakter (Fig. 9).

Das gelegentliche Auftreten abgerundeter Zellen in Gewebekulturen unter nicht optimalen Bedingungen hat zu der Auffassung geführt, daß es sich hierbei um ein Symptom unspezifischer Schädigungen handele [23]. Den Gebrauch des Ausdruckes „unspezifische Schädigung" überhaupt in den Beziehungen zwischen Milieu und einem biologischen Objekt hat J. P. GREENSTEIN [24] am Beispiel der Krebserzeugung gekennzeichnet: „Eine Reaktion als unspezifisch zu bezeichnen, ist ein Widerspruch im Ausdruck und hat keine wissenschaftliche Bedeutung." Im speziellen Fall des Viktoriablau-Effektes erhellt die spezifische Beeinflußbarkeit des Vorganges den spezifischen Charakter der Reaktion. Wenn die Deutung, die wir ihm geben, zur Zeit nur eine unvollständige sein kann, so ist dies durch den komplexen Charakter des zweiten Reaktionspartners, der Zelle, bedingt.

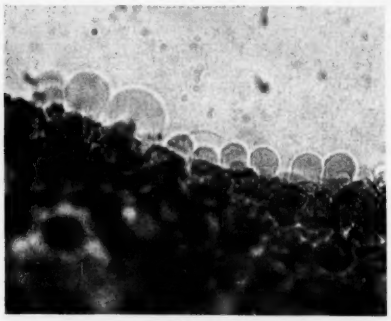


Fig. 10.

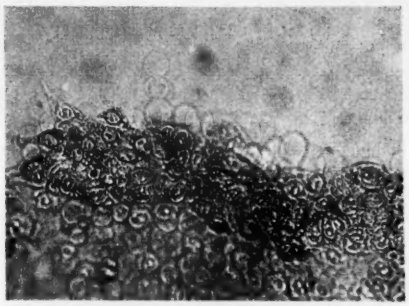


Fig. 11.

Fig. 10 u. 11. Plasmaabschnürungen am Rande einer Gewebekultur von Kaninchennierenepithel nach Zusatz von Viktoriablau.

Verhalten von Epithel- und Karzinomzellen.

Die Übertragung des Versuches auf andere in vitro gezüchtete Gewebe ergab ein im Prinzip gleichartiges Verhalten von Epithelzellen (Versuch von Frau Dr. A. SCHLEICH) und von Karzinomzellen (Versuch von Frau Dr. R. LETTRÉ). Entsprechend dem weniger ausgeprägten Bewegungstyp dieser Zellen während der Teilung ist ihre Reaktion auf den Zusatz von Viktoriablau nicht die einer lebhaften Plasmabewegung, sondern die der Vorwölbung von Plasmateilen, die sich abschnüren können. Die Größe der abgeschnürten Plasmateile ist hier meist mit der Zellgröße kommensurabel (Fig. 10 und 11). Wenn wir auch diese Plasmaabschnürungen nicht mit einer Zellteilung ohne Beteiligung einer Kernteilung identifizieren wollen, so erscheint es doch von Interesse, daß es für dieses Phänomen einige Beispiele gibt. So konnte E. B. HARVEY [25] kernlose Fragmente der Eier von Arbacia punctulata parthenogenetisch zur Entwicklung bis zum Blastulastadium anregen; hier liegt also die Teilung eines kernlosen Plasmas vor. FANKHAUSER [26] hat bei Amphibien Zytasterkeime beschrieben, bei denen aus unbekannter Ursache die Kernteilung nicht weiter geht, aber gut zellulierte Blastulae mit kernlosen Zellen entstehen. Auch der Übergang des kernhaltigen Erythroblasten in den kernlosen Erythrozyten erscheint als ein ähnlicher Prozeß. Daß dieser Vorgang durch eine Eliminierung des Kernes erfolgt, also eine Teilung einer kernhaltigen Zelle in Kern und Plasma darstellt — eine Auffassung, die in der Hämatologie noch umstritten ist —, konnte durch neuere Untersuchungen von M. ALBRECHT [27] an in vitro gezüchtetem Knochenmark bewiesen werden.

Zellstoffwechsel und Zellteilung.

Die vorgehend beschriebenen Versuche lassen sich so deuten, daß in der sog. Ruhephase der Zelle die Atmung eine genügende Menge an Adenosintriphosphorsäure erzeugt, die in der Zelloberfläche befindliche kontraktile Systeme in einen Zustand der Dauerkontraktion versetzt. Die Ruhe der Zelloberfläche kommt nicht durch das Fehlen von Kontraktilität zustande, sondern wird durch mit chemischer Arbeit verknüpfte Dauerarbeitsleistung aufrecht gehalten. Die Bewegung der Zelloberfläche kommt nicht durch das Neuauftreten kontraktiler Systeme zustande, sondern durch den Übergang vorhandener kontraktiler Systeme aus dem Zustand der Dauerkontraktion in den einer periodischen Kontraktion. Dieser Übergang kann durch eine Atmungshemmung durch Viktoriablau herbeigeführt werden; dieser Effekt kann durch Adenosintriphosphorsäure unterdrückt werden. Ausschlaggebend ist die Menge an Adenosintriphosphorsäure, die außer durch Atmung auch auf anderem Wege in der Zelle gebildet werden könnte. Bei der Gleichheit des Bewegungszustandes des Plasmas in der Teilung und in dem künstlich herbeigeführten Zustand liegt die Annahme nahe, daß während der Zellteilung ein gleicher Stoffwechselzustand herrscht, der bei diesem zum Zelleben gehörigen Vorgang durch eine Inaktivierung des Atmungssystems durch zelleigene Stoffe herbeigeführt werden müßte. Die hier auf biochemischem Wege erschlossene Existenz kontraktiler Oberflächenschichten in der Zelle wird durch die physiologisch-morphologischen Untersuchungen von W. H. LEWIS [28] über die Existenz kontraktiler Gelschichten an der Zelloberfläche auf das beste gestützt.

Für die Frage der Beziehung von Stoffwechsel zu Zellteilung ergibt sich aus diesen Versuchen, daß die Atmung für die Zellteilung nicht obligat vorhanden sein muß, sondern daß die Glykolyse hierfür ausreichend und wahrscheinlich sogar notwendig ist. Die von O'CONNOR festgestellte Proportionalität zwischen der Zahl von Zellteilungen und der Glykolyse im embryonalen Gewebe wird hierdurch verständlich. Jedoch ist, wie schon erwähnt, nicht umgekehrt mit der Glykolyse eines Gewebes eine proportionale Zahl von Zellteilungen verknüpft: Tumoren, die 90% der umgesetzten Hexosen glykolytisch spalten, zeigen nur

2 bis 4% Zellteilungen. Hier muß ein Teil des glykolytischen Stoffwechsels nicht für die Durchführung der Zellteilung, sondern für andere Zellprozesse verwendet werden. Ein Teil kann zur Vorbereitung der Zellteilung dienen, wenn man die zum Aufbau der Thymonukleinsäure notwendige Bildung der Desoxyribose im Zellkern mit der Glykolyse im Zellplasma verknüpft (LETTRÉ [19]), wie es die Gleichung schematisch wiedergibt:

Ribose + Milchsäure = Desoxyribose + Brenztraubensäure + Wasser. Vielleicht ist dies die Bedeutung des Restes an aerober Glykolyse, der bei der Extrapolierung der Kurve von O'CONNOR auf die Zahl der Zellteilungen = 0 bleibt (Fig. 1). Das Problem der Beziehung zwischen Stoffwechsel und Zellteilung wird nicht durch die Existenz der Glykolyse kompliziert; die eigentliche Schwierigkeit liegt in der Deutung der erhöhten Atmung in Seeigel- oder Amphibieneiern, wenn durch die Entwicklungsanregung die Zellteilung einsetzt. Diese Schwierigkeit läßt sich beheben, wenn man annimmt, daß die durch die Atmung gelieferte Energie nicht für die Zellteilung, sondern für den Zusammenhalt des sich segmentierenden Eies verwendet wird. Beim Fibroblasten bedingt die Atmung die Aufrechterhaltung der Form der Zelle im Ruhezustand, die Glykolyse die Bewegung während der Teilung.

Herrn A. MAYER danke ich für seine Hilfe bei der Herstellung der Mikrophotographien, der Stiftung für Krebs- und Scharlachforschung an der Universität Heidelberg für die finanzielle Förderung unserer Arbeiten.

Literatur.

[1] LYNEN, F.: Naturwiss. **30**, 398 (1942). — Liebigs Ann. Chem. **546**, 120 (1941); **573**, 60 (1951). — [2] SCHULZ, G. V.: Naturwiss. **37**, 196 (1950). — [3] WARBURG, O.: Hoppe-Seylers Z. **57**, 1 (1908). — Pflügers Arch. **160**, 324 (1915). — [4] WARBURG, O.: Über den Stoffwechsel der Tumoren. Berlin 1926. — [5] DEMUTH, F.: Züchtung von Warmblütergewebe. München 1930. — FISCHER, A.: Gewebezüchtung. München 1930. — [6] O'CONNOR, R. J.: Brit. J. exper. Path. **31**, 390 (1950). — [7] BRACHET, J.: Embryologie chimique. Paris 1947. — [8] STEFANELLI, A.: J. of exper. Biol. **14**, 171 (1937). — [9] ZEUTHEN, E.: C. R. Labor. Carlsberg **25**, 191 (1946). — [10] LASER, H.: Biochem. Z. **264**, 72 (1933). — [11] BERNHAUER, F.: Erg. Enzymforschg. **9**, 354 (1943). — [12] MEYERHOF, O.: Pflügers Arch. **185**, 11 (1920); **188**, 114 (1921). — [13] HILWIG, J., u. H. SCHMITZ: Naturwiss. **38**, 336 (1951). — [14] WARBURG, O.: Wasserstoffübertragende Fermente. Berlin 1948. — [15] LE PAGE, G. A., and W. C. SCHNEIDER: J. biol. Chemistry **176**, 1021 (1948). — [16] SCHNEIDER, W. C.: J. biol. Chemistry **165**, 585 (1946). — [17] GREEN, D. E.: J. biol. Chemistry **172**, 389 (1948). — [18] DOUNCE, A. L.: J. biol. Chemistry **147**, 685 (1943); **151**, 221 (1943). [19] LETTRÉ, H.: Ergebn. Physiol. **46**, 387 (1950). — [20] LETTRÉ, H.: Mitose und Mitosegifte. Hochschulfilm des Instituts für Film und Bild, Göttingen. — [21] HERZBERG, K.: Zbl. Bakter. I **1934**, 131, 358. — [22] HAYASHI, J.: Z. exper. Med. **99**, 689 (1936). — [23] KNAKE, E.: Naturwiss. **31**, 174 (1943). — [24] GREENSTEIN, J. P.: Biochemistry of Cancer, S. 75. New York 1947. — [25] HARVEY, E. B.: Zit. nach J. NEEDHAM, Biochemistry and morphogenesis, S. 362. Cambridge 1950. — [26] FANKHAUSER, G.: Zit. nach F. LEHMANN, Einführung in die physiologische Embryologie, S. 198. Basel 1945. — [27] ALBRECHT, M.: Acta haematol. **1951**. — [28] LEWIS, W. H.: Biologic. Bull. **87**, 154 (1944). — Anatom. Record **97**, 139 (1947); **100**, 247 (1948). — Ann. N. Acad. Sci. **51**, 1287 (1951).

Institut für experimentelle Krebsforschung der Universität Heidelberg.

Eingegangen am 29. Juni 1951.

Berichte.

Die Temperatur des Crabnebel-Zentralsternes.

K. WURM, Hamburg-Bergedorf.

1. Durch die Untersuchungen verschiedener Autoren [1], [2] ist seit längerem sichergestellt, daß der sog. Crabnebel der Milchstraße und sein anregender Zentralstern mit einer Post-Supernova (Typ I) zu identifizieren sind[1]). Die Struktur des Nebels, der am Himmel eine scheinbare Ausdehnung von 6′ × 4′ hat, ist von W. BAADE [2] für verschiedene selektive Bereiche im Gebiete λ 3600 bis λ 8400 eingehend studiert worden[2]). Der Zentralstern, der die Nebelhülle mit seiner starken UV-Strahlung zum Leuchten bringt, ist noch nicht mit Sicherheit erfaßt. Derselbe muß im photographischen Gebiet mindestens um 7^m Größenklassen[3]) also einen Faktor $10^{2,8}$ schwächer leuchten als der ihn umgebende Nebel. Möglicherweise kommt ein nahe dem Zentrum des Nebels liegender Stern der Größe 15.9^m als anregender Kern in Frage. Ein Stern größerer Helligkeit (möglicherweise jedoch geringerer) im Nebelfelde kommt jedenfalls nicht in Betracht.

Etwa gleichzeitig mit den BAADEschen Untersuchungen über die allgemeine Lichtverteilung innerhalb des Nebelbildes hat R. MINKOWSKI [3] vom Mt. Wilson-Observatorium einige neugewonnene Spektren dieses Nebels publiziert und dabei als erster versucht, das Spektrum physikalisch zu deuten, insbesondere in Hinsicht auf die Temperatur und Leuchtkraft des anregenden Zentralsternes und die physikalischen Bedingungen in den Nebelgasen. Um gleich das wesentlichste bei der Analyse des Spektrums herausgestellte Resultat hervorzuheben: Die Oberflächentemperatur des anregenden Zentralsternes soll nach MINKOWSKI in der Höhe von 500000°, der Radius desselben bei 0,02 Sonnenradien liegen.

Es kann kaum behauptet werden, daß diese Daten (insbesondere was den enorm hohen Temperaturwert betrifft) von den Astrophysikern akzeptiert worden sind. Die MINKOWSKIsche Diskussion dieses astrophysikalisch bisher einzigartigen Spektrums enthält zweifellos Unklarheiten und Widersprüche. Obwohl man vielleicht von vornherein vorbereitet sein wird, bei den Supernovaekernen auf abnorme Zustandsgrößen zu stoßen, so ist die ausgeführte Analyse und Deutung des Spektrums doch nicht als überzeugend genug angesehen worden, um daraufhin Oberflächentemperaturen bei einem Stern anzunehmen, die um eine ganze Größenordnung höher liegen als das, was man bisher als die obere Grenze der Oberflächentemperaturen bei Sternen ansah. Nach neueren Erfahrungen insbesondere an den Zentralsternen planetarischer Nebeln besteht aber kein Zweifel mehr daran, daß die Höhe dieser oberen Grenze bisher doch ganz beträchtlich unterschätzt worden ist [4]. Die relativen Linienintensitäten in den planetarischen Nebelspektren

[1]) Für diejenigen Leser, die keine Astronomen sind, seien hier anschließend einige Begriffe kurz erläutert, die wahrscheinlich nicht als allgemein bekannt vorausgesetzt werden können.

Der Crabnebel ist ein relativ helles, nebliges Gebilde der scheinbaren Ausdehnung 6 × 4 Bogenminuten im Sternbild des Krebses (Krebs: englisch = crab).

Novae (Neue Sterne) sind Sterne, die innerhalb sehr kurzer Zeit (einige Tage) ihre Helligkeiten gewaltig steigern und damit von vorher meist unsichtbaren zu eventuell sehr hellen Objekten werden. Es kommen Helligkeitssteigerungen um Faktoren von 10^4 bis 10^8 vor. Innerhalb dieses Intervalls existieren drei Häufungsstellen (Häufigkeit). Die Gruppe mit den maximalen Amplituden bezeichnet man als Supernovae vom Typus I, die mittlere Gruppe als Supernovae vom Typ II, während die Objekte mit den geringeren Amplituden als Novae schlechthin gelten. Die Helligkeitsausbrüche sind stets mit einer Abstoßung von Masse vom Stern begleitet. Bei den größeren Katastrophen der Supernovae sind die abgeschleuderten Massen von der Ordnung einer Sonnenmasse oder auch höher. Die Massenabgabe erlischt nach kurzer Zeit, der Reststern kommt wieder bei einer konstanten Helligkeit zur Ruhe. Die abgestoßenen, expandierenden Gase bilden für begrenzte (astronomische) Zeiten Hüllen um den Reststern und werden durch dessen starke UV-Strahlung zum Leuchten angeregt. Unter Post-Nova (Post-Supernova) versteht man das gesamte Gebilde Reststern plus Nebelhülle nach dem Abklingen des Helligkeits- und Materieausbruches. Die Physik der Ursachen der Novaeausbrüche ist noch ungeklärt.

[2]) λ 3600 bedeutet $\lambda = 3600$ ÅE $= 3600 \cdot 10^{-8}$ cm.

[3]) Der Unterschied zweier Sterne um 1^m (magnitudo oder Größenklasse) bedeutet ein Helligkeitsverhältnis $10^{0,4}$:1. Anwachsende Größenklasse 5^m, 6^m . . . bedeutet Abnahme (!) der Helligkeit.

weisen vielfach unzweideutig auf eine Energieverteilung in der Strahlung der anregenden Zentralsterne, die Temperaturen von 150000 bis 200000° entspricht[1]). Es zeigt sich, daß diese Strahlungstemperaturen auch gleichzeitig wahre effektive Temperaturen bedeuten.

Ein neues Studium der Publikationen über den Crabnebel hat den Verfasser dieses Artikels zu der Ansicht geführt, daß an der hohen Temperatur für den Crabnebel, wie sie von MINKOWSKI angegeben wurde, kaum noch ein Zweifel bestehen kann und diese mit 500000° sehr wahrscheinlich noch unterschätzt ist. Es zeigt sich, daß an der MINKOWSKIschen Interpretation in einigen Punkten Korrekturen vorgenommen werden müssen, die überdies auf den ersten Blick zum Teil als sehr radikal erscheinen. Der tragende und wesentlichste Gedanke in der Deutung des Crabnebelspektrums bei MINKOWSKI bleibt jedoch erhalten.

2. Nach den BAADEschen Aufnahmen ergibt sich über die bildliche Struktur des Crabnebels folgendes. In solchen Spektralbereichen, in denen erfahrungsgemäß keine linienhaften Emissionen größerer Intensität zu erwarten sind, schält sich aus dem Gesamtbild eine diffus leuchtende, amorphe Nebelmasse heraus (s. Fig. 1). Gegen die Nebelmitte hin ist die Helligkeit dieses fast strukturlosen Nebelgebildes verstärkt, die Ausläufer reichen schwach bis an die äußere, allgemein erfaßbare Nebelbegrenzung. In einzelnen engen Spektralbereichen kann dieses zusammenhängende, diffuse Nebelleuchten bei geeigneter Belichtung fast zum Verschwinden gebracht werden, wofür sich dann im photographischen Bilde ein über den ganzen Nebel verbreitetes, verwickeltes Filamentensystem mit scharfen Konturen und Kontrasten zu erkennen gibt (vgl. Fig. 2). Die Filamente treten bei der Auswahl solcher engeren Wellenlängenbereiche auf, die kräftige bekannte monochromatische Nebelemissionen besitzen wie beispielsweise H_α. Zur Gesamtintensität des Nebels über größere Wellenlängenbereiche trägt das Licht in den Filamenten aber im Durchschnitt nur etwa 20% bei. Das Filamentensystem liegt außen und umschließt — allerdings sehr weitmaschig — die amorphen Nebelpartien.

Wie nach diesen photographischen Ergebnissen zu erwarten war, emittiert das diffuse, mehr innere Nebelvolumen ein Kontinuum, die Filamente produzieren einzelne bekannte Nebellinien. Vor MINKOWSKI waren bereits durch V. M. SLIPHER [5], R. F. SANFORD [6] und N. U. MAYALL [7] Spektren gewonnen worden, die schon deutlich die Zusammensetzung derselben aus einem starken Kontinuum mit einzelnen überlagerten monochromatischen Emissionen erkennen ließen. Die Spektrallinien heben sich stets nur an den Stellen hervor, wo der Spektrographenspalt über ein Filament hinweggeht. Dementsprechend sind die Linienbilder über die Länge der Linien hin in eine Reihe von Knoten aufgelöst. Jede Linie tritt außerdem doppelt auf mit einer Trennung der beiden Komponenten entsprechend einer DOPPLER-Geschwindigkeit von 1000 bis 1300 km/sec. Linienaufspaltungen dieser Art erweisen sich als eine allgemeine Erscheinung bei Gasnebeln und sind auf Grund einer (vom Stern aus gesehen) radialen Expansion der Gashüllen zu deuten. Man beobachtet also auch die Emission der über den Stern hinausliegenden Hüllenteile, was beweist, insbesondere da beide Linienkomponenten im Durchschnitt gleich intensiv hervortreten, daß die Hüllen noch so gut wie vollständig durchsichtig sind. Sternabzählungen innerhalb und außerhalb des Nebelfeldes ergeben dasselbe [2].

Eine Theorie des Spektrums hat, um nur die wesentlichsten Punkte herauszustellen, die folgenden Fragen zu beantworten.

A. Wie entsteht in diesem reinen Gasnebel das allgemeine Spektralkontinuum? Neu ist astrophysikalisch an dessen Erscheinung, daß dasselbe nicht gleichzeitig von einer intensiven monochromatischen (linienhaften) Emission begleitet ist.

B. Wie erklärt sich, daß das Linienspektrum allein in den außen liegenden Filamenten hervortritt? Auffallend an der Zusammensetzung dieses Nebellinienspektrums ist vor allem unter dem Gesichtspunkt eines Nebelspektrums die sehr geringe Anregungshöhe, die, nach den geläufigen Erfahrungen an Nebeln beurteilt, auf eine durchaus niedrige Temperatur des anregenden Sternes schließen lassen würde.

In bezug auf die Entstehung einer kontinuierlichen Emission in einem *hochverdünnten, stark ionisierten* Nebelgase lassen sich nach unseren astrophysikalischen Kenntnissen nur zwei Möglichkeiten angeben: Die Ausbildung

Fig. 1. Aufnahme des Crabnebels in einem Spektralbereich ohne linienhafte Emission nach W. BAADE. (Bereich λ 7200 bis 8400.)

von Seriengrenzkontinua bei der Wiedervereinigung eines Elektrons mit einem Ion (die sog. frei-gebundene Strahlung) und die bei einem nahen Vorbeigang eines Elektrons an einem Ion entstehende sog. frei-frei-Strahlung (Hyperbelübergänge). Man kann diese beiden Arten der Ausstrahlung, falls eine ausreichende Belichtung ohne Störung durch Fremdlicht möglich ist, stets beobachten;

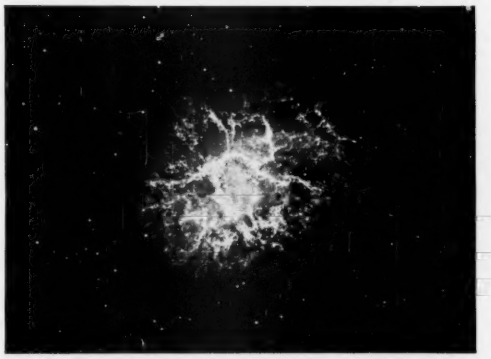


Fig. 2. Aufnahme des Crabnebels in einem Spektralbereich mit linienhafter Emission nach W. BAADE. (Bereich λ 6300 bis 6700.)

jedoch ist bisher kein Fall eines reinen Gasnebels bekanntgeworden, bei dem nicht diese Kontinua gegenüber den monochromatischen Emissionen (Nebellinien) vollständig zurücktreten und nur einen mäßigen Beitrag zum Gesamtlicht geben.

3. Wenden wir uns zunächst zur Diskussion des Spektrums der Filamente, da hier die geringeren Schwierigkeiten für ein Verständnis vorliegen.

In der Tabelle 1 sind die von MAYALL und MINKOWSKI gemessenen Linien mit Angabe ihrer Träger und Anregungsenergien aufgeführt. Einige derselben sind durch Fettdruck hervorgehoben. Das sind diejenigen, welche sich durch die höchsten Intensitäten auszeichnen. Hätte man nur diese Zusammenstellung zur Hand ohne weitere Kenntnisse über den Nebel, so würde man nach den geläufigen Erfahrungen an Nebelspektren daraus keinesfalls auf eine hohe Temperatur des anregenden Sternes schließen, sondern vielmehr auf normale O-Sterntemperaturen von vielleicht 40000 bis 45000°. Erst die Existenz des inneren Nebelkontinuums und die im Vergleich zum

[1]) Der bekannteste planetarische Nebel ist der Ringnebel in der Leier. In kleinen Fernrohren ähneln die planetarischen Nebel im Bilde den *Planeten*scheibchen, daher die Bezeichnung planetarische Nebel. Man kennt heute in der Milchstraße rund 300 planetarische Nebel. Es steht noch nicht endgültig fest, wie diese entstanden sind; wahrscheinlich sind es die Produkte von Supernovaeausbrüchen.

Tabelle 1. *Spektrallinien der Filamente des Crabnebels*[1]).

	Träger	Anregungsenergien, vom neutralen Grundzustand aus gerechnet, in eV
λ 6728	[S II]	10,36 + 1,84
6711	[S II]	10,36 + 1,84
6584	[N II]	14,54 + 1,89
6563	H_α	13,60
6548	[N II]	14,54 + 1,89
6300	[O I]	1,96
5875	He I	24,58
5007	[O III]	13,61 + 35,15 + 2,50
4959	[O III]	13,61 + 35,15 + 2,50
4861	H_β	13,6
4686	He II	24,58 + 54,40
4472	He I	24,58
4363	[O III]	13,61 + 35,15 + 5,33
4340	H_γ	13,6
4100	H_δ	13,6
3967	[Ne III]	21,56 + 40,9 + 3,19
3889	He I	24,58
3869	[Ne III]	21,56 + 40,9 + 3,11
3727	[O II]	13,61 + 3,31

Nebel geringe photographische Intensität des Zentralsternlichtes wirft hier ein Problem auf. Nehmen wir hier vorweg, daß das Nebelkontinuum durch ein Nebelgas

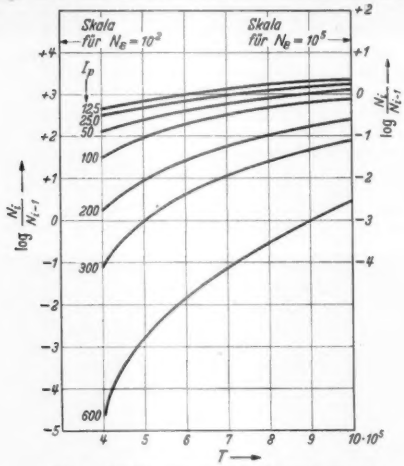


Fig. 3. Ionisationsverhältnisse nach Gl. (1).

gedeutet werden soll, dessen Ionisationshöhe dabei als extrem hoch angenommen wird.

MINKOWSKI neigt dazu, die geringe Ionisationshöhe[2]) in den Filamenten auf die Schwächung der Sternstrahlung durch Absorption beim Durchgang durch den Nebel zurückzuführen. Er weist dabei auf eine gewisse Parallele bei den planetarischen Nebeln hin, die sehr häufig innen eine starke He II- und [Ne V]-Emission, und an den Rändern dann intensive [O II]- und [N II]-Linien zeigen. Es ist jedoch so gut wie sicher, daß diese Erklärung im vorliegenden Falle — und ebenso bei vielen planetarischen Nebeln — nicht am Platze ist, da der ausschlaggebende Effekt nicht in dieser Richtung gefunden werden kann. Es ist wesentlich, sich klar zu machen, daß die Filamente nicht nur Gebiete niedriger Ionisation, sondern ebenfalls Volumenelemente stark erhöhter Ausstrahlung sind.

[1]) Zur Erläuterung der Trägerbezeichnungen folgendes: H_α, H_β, H_γ, H_δ sind die ersten Glieder der BALMER-Serie des H-Atoms. He I = neutrales Helium, He II = einfach ionisiertes Helium, S II, N II, O II = einfach ionisierter Schwefel, Stickstoff, Sauerstoff. Die Klammersetzung [S II], [O II] usw. bezeichnet in der Astrophysik sog. verbotene Linien, die normalerweise (bei Dichten der Gasanregung in Laboratorien) sehr schwach sind, in den Gasnebeln aber zu den stärksten Linien werden.

[2]) In vielen anderen Gasnebeln ist die Ionisation der Art, daß den Atomen O, N, Ne, Fe bereits fünf oder sechs Elektronen abgespalten sind. In den Filamenten des Crabnebels kommt es für O, N und Ne höchstens zur Abtrennung von zwei Elektronen, die Mehrzahl der Atome hat sogar nur ein Elektron verloren.

Beide Effekte finden eine zwanglose und vollständige Erklärung[1]) unter der Annahme, die sich übrigens auch unmittelbar schon beim bloßen Anblick der Nebelbilder aufdrängt, daß die Filamente Gebiete stark erhöhter Dichte darstellen. Es existiert hier eine gewisse — wenn auch nicht vollständige — Analogie zu einer Erscheinung, die den Astrophysikern sehr geläufig ist, nämlich dem Phänomen der Protuberanzen im Raum der Sonnenkorona. Es ist bekannt, daß beim Übergang von einer Protuberanz zur umgebenden reinen Koronaatmosphäre die mittlere Ionisation um nahezu zwei Zehnerpotenzen ansteigt, die spezifische Ausstrahlung dagegen um viele Größenordnungen abnimmt.

Roh qualitativ ergibt sich der Effekt der Ionisationsverminderung in den Crabnebelfilamenten bereits aus der gewöhnlichen SAHA-Gleichung, falls man in ihr noch einen Korrektionsfaktor anbringt, welcher den Einfluß der starken Verdünnung der Sternstrahlung bei den großen Distanzen der Filamente vom Zentralstern berücksichtigt. Die so modifizierte SAHA-Gleichung erhält die Gestalt der Gl. (1) [δ]:

$$\frac{N_i}{N_{i-1}} N_e = \frac{(2\pi m)^{\frac{3}{2}}}{h^3} \frac{2\tilde{\omega}_i}{\tilde{\omega}_{i-1}} (kT)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{\chi_{i-1}}{kT}} \left(\frac{T_e}{T}\right)^{\frac{1}{2}} \frac{R^2}{4r^2}. \quad (1)$$

[$N_i : N_{i-1}$ das Verhältnis der Anzahlen der i-fach ionisierten und $(i-1)$-fach ionisierten Atome, N_e Elektronendichte, χ_{i-1} Ionisationspotential, T Temperatur des anregenden Sternes, T_e Temperatur der freien Elektronen, R Sternradius, r Abstand der Filamente vom Zentralstern, m Elektronenmasse, k BOLTZMANN-Konstante, h PLANCKsche Konstante, $\tilde{\omega}$ statistische Gewichte der Grundelektronenzustände der Ionen i und $i-1$.]

Bei den Nichtgleichgewichtsverhältnissen in sternfernen Atmosphären wird es notwendig und wesentlich, zwischen der Sterntemperatur und der Temperatur der Elektronen in der durchstrahlten Atmosphäre zu unterscheiden. T_e weicht im allgemeinen stark von T im Sinne $T_e \ll T$ ab. Eine Schwächung der Sternstrahlung infolge Absorption in bereits durchlaufenen Gasschichten ist in der Formel (1) nicht berücksichtigt.

Die Resultate einer numerischen Auswertung der Gl. (1) sind in Fig. 3 graphisch dargestellt. Diese machen evident, daß räumlich nebeneinander, je nach der Höhe der Dichte, Gebiete sehr geringer und extrem hoher Ionisation bestehen können. Jede einzelne Kurve repräsentiert den Verlauf des Verhältnisses $\log (N_i : N_{i-1})$ für ein bestimmtes Ionisationspotential (600, 300, ..., 12,5 eV) innerhalb des Temperaturbereiches von $4 \cdot 10^5$ bis $1 \cdot 10^6$ Grad. Der Verdünnungsfaktor wurde zu $R^2 : 4r^2 = 10^{19}$ gewählt, was einem Sternradius von 0,02 Sonnenradien und einem $R = 0{,}7$ parsec entspricht. Bei einem $N_e = 10^2$ liegt der Schwerpunkt der Ionisation je nach der Temperaturhöhe zwischen 300 und 600 eV (linke Skala), für $N_e = 10^5$ zwischen etwa 1 eV und 50 eV (rechte Skala). Wegen der überwiegenden Häufigkeit des Wasserstoffes kann man von $\chi_{i-1} = 12{,}5$ ab die Gesamtdichte $N = 2N_e$ setzen. An der normalen kosmischen Häufigkeit des Wasserstoffs halten wir hier aus Gründen, die weiter unten erwähnt werden, fest.

Mit den von MINKOWSKI als *ungefähr* gültig angesehenen Daten ($T \cong 500000$, $R = 0{,}02\, R_0$, $r \cong 0{,}7$ parsec) würde man für N zwischen 10^4 und 10^5 eine mittlere Ionisation in der Höhe von 10 bis 15 eV erhalten, wie es die Stärke der [O II]-, [N II]- und [S II]-Linien verlangt. Da die Sternstrahlung beim Durchgang durch den amorphen Nebelteil durch Absorption schon ein wenig geschwächt sein muß, so läßt sich der zu fordernde Druck aus diesem Grunde noch etwas erniedrigen.

Die Abhängigkeit der spezifischen Ausstrahlung der Nebelgase von der Dichte erweist sich als recht verwickelt, wenn man exakte quantitative Daten verlangt, was wesentlich dadurch bedingt ist, daß mit zu- oder abnehmender Dichte die an der Emission beteiligten Ionen wechseln. Qualitativ bleiben die Verhältnisse jedoch gut übersichtlich. Innerhalb nicht zu weit gefaßter Dichteintervalle ist die Emission für die extrem kleinen Dichten,

[1]) Zur näheren Orientierung muß auf eine kommende Publikation des Verfassers in der Zeitschrift für Astrophysik verwiesen werden. Nachfolgend wird nur kurz auf die Hauptargumente eingegangen.

mit denen wir von vornherein rechnen können (etwa $N < 10^6$ Ionen je cm³), in erster Näherung proportional dem Quadrat der Dichte, da sämtliche Anregungsvorgänge, die wesentlich zur Emission beitragen, „Stoßprozesse" sind. Über ein größeres Dichteintervall hin hat man mit abnehmendem N mit einem stärkeren Abfall als proportional N^2 zu rechnen, weil die Mischung ärmer wird an Termen, die eine Emission erleichtern. Auf der Seite der Absorption entspricht diesem eine größere UV-Durchlässigkeit der Nebelmasse. In diesem Umstand hat man die Ursache für das starke Hervortreten der dem Volumen nach unbedeutenden Filamente zu sehen.

Eine Besonderheit des Linienspektrums der Filamente ist von MINKOWSKI darin gesehen worden, daß für ein Nebelspektrum die Wasserstofflinien auffallend schwach sind im Vergleich zu den verbotenen Linien sowie auch zu den He-Linien. Die daran geknüpfte Vermutung einer geringen relativen Wasserstoffhäufigkeit ist jedoch unberechtigt. Daß die vorliegenden Intensitäten in Wahrheit nicht als ungewöhnlich angesehen werden können, zeigt sich am einfachsten, wenn man die Filamente des Crabnebels mit einzelnen Filamenten bei den planetarischen Nebeln vergleicht und nicht, was bei MINKOWSKI geschieht und eben nicht angängig ist, mit deren Gesamtspektren. Der planetarische Doppelringnebel NGC 2392 besitzt in den Fragmenten seines äußeren, aufgebrochenen Ringes nach der Reproduktion von H. H. WRIGHT [9] ein Spektrum, welches fast als eine exakte Kopie des oben in der Tabelle 1 aufgeführten Spektrums bezeichnet werden kann. Dieser Nebel, wie er bei WRIGHT reproduziert und beschrieben wird, demonstriert übrigens direkt anschaulich für einen Sonderfall den Einfluß der Dichte auf die Ionisationshöhe nach der Gl. (1). Das Zwischengebiet der beiden Ringe und die Umgebung der Kondensationen erscheinen auf den ersten Blick frei von Materie und Licht zu sein. WRIGHT hat jedoch bemerkt, daß in Wahrheit ein schwaches Leuchten vorliegt und dieses am intensivsten in He II und [Ne V] hervortritt, wie überhaupt die helleren Teile des Nebels auf einem durch diese Emissionen schwach aufgehellten Untergrunde liegen. Während also in den genannten Kondensationen die mittlere Ionisation in der Höhe von nur 10 bis 15 eV liegt, steigt dieselbe in deren Umgebung infolge eines enormen Dichteabfalls auf 100 eV an.

Zusammenfassend läßt sich in bezug auf das im Crabnebel erfaßte Linienspektrum folgendes sagen. Die kräftigen Linien geringer Anregung ([O I], [S II], [O II], [N II], He I) entstehen in den Dichtespitzen der Filamente. Deren Gesamtvolumen ist vergleichsweise außerordentlich klein. Die höheren Anregungen im Spektrum ([O III], [Ne III], He II) sind solchen Partien der Filamente zuzuordnen, die in bezug auf die Dichten einen Übergang zu dem größeren Nebelvolumen darstellen. Die Wasserstofflinien nehmen, da bei diesem Atom nur eine einfache Ionisation möglich ist, eine Sonderstellung ein. Der wesentlichste Beitrag zu der vorhandenen Stärke stammt aus den Gebieten, wo auch das He II erscheint. Nach MINKOWSKIs Angaben ist insgesamt He II ($\lambda = 4686$ Å) stärker als H_β. Das ist bei einer relativen Häufigkeit $\zeta = \mathrm{He}:\mathrm{H} = 1:5$ möglich, wenn He vollständig zu He III ionisiert ist. Der Vorgang „Ionisation-Rekombination" ist dann bei He II, He III insgesamt $\zeta^{-1} Z^4 \cong 3$-mal so häufig wie bei Wasserstoff[1]). Es zeigt sich, daß damit λ 4686 auch etwa dreimal so intensiv werden kann wie H_β. Darüber hinaus kann übrigens aus der Beschreibung der Intensitäten der Linien bei MINKOWSKI entnommen werden, daß zu λ 4686 und den BALMER-Linien auch noch Beiträge aus Gebieten kommen, in denen O und Ne schon mindestens zu O IV und Ne IV ionisiert sind. Es folgt dies einfach aus der relativ geringen Stärke der [Ne III]- und [O III]-Linien im Vergleich zu He II λ 4686. Wenn noch notwendig, so beweist auch dieser Umstand, daß die Ionisation an den Rändern der eigentlichen Filamente rasch ansteigt[2]).

4. Die Diskussion des Spektralkontinuums verschieben wir noch auf den folgenden Absatz. Im Anschluß an die Erläuterung des Linienspektrums soll zunächst noch eine Argumentation durchgeführt werden, die uns eine — und zwar bereits sehr hoch liegende — untere Grenze für die Oberflächentemperatur des Zentralsternes liefert.

Die durch den inneren amorphen Nebelteil nach außen fließende Strahlung erfährt nur an den Stellen noch eine nennenswerte Absorption, wo dieselbe auf Filamente trifft. Denkt man sich das System der Filamente, vom Stern aus gesehen, auf eine Kugelfläche projiziert, welche den Stern als Zentrum besitzt und die Filamente außen umschließt, so bedecken diese in der Projektion zweifellos nur einen kleinen Bruchteil dieser Fläche. Derselbe läßt sich an Hand der vorliegenden photographischen Aufnahmen roh abschätzen. Eine nähere Überlegung, die wir hier jedoch übergehen, zeigt, daß dieser Bruchteil sich kaum zu mehr als 1% ergibt, ganz unabhängig davon, welche Voraussetzungen man über die räumliche Orientierung der Filamente macht. Möglicherweise ist dieser Wert noch überschätzt, da die Breite der Filamente in der Photographie wahrscheinlich vielfach noch durch eine unzureichende photographische Auflösung bestimmt ist.

Die bereits relativ hohe Helligkeitsdifferenz zwischen dem Zentralsternlicht und dem Licht des sehr weitmaschigen Filamentensystems läßt erkennen, daß die gesamte Menge anregungsfähiger UV-Strahlung des Sternes außerordentlich groß ist und die photographische Ausstrahlung desselben um mehrere Größenordnungen übertreffen muß. Nach BAADE tragen im photographischen Gebiet λ 3500 bis λ 5000 die Filamente etwa 20% zum gesamten photographischen Nebellicht bei. Von der Helligkeitsdifferenz $\Delta m = 7^{\mathrm{m}}$ entfallen somit $5{,}25^{\mathrm{m}}$ auf die Filamente. Durch genügende Anlagerung von Materie am äußeren Nebelrand könnte also diese Helligkeitsdifferenz noch um rund einen Faktor 100 oder auf $10{,}25^{\mathrm{m}}$ (Faktor $10^{4{,}1}$) gesteigert werden.

Das Verhältnis zwischen der von einem Stern insgesamt ausgestrahlten Energie zu der im photographischen Gebiet abgegebenen Energie bezeichnet man als die bolometrische Korrektion. Mit dem Faktor $10^{4{,}1}$ ($10{,}25^{\mathrm{m}}$) ist diese aber für den Crabnebelzentralstern nur zum Teil erfaßt, da allein nur die Nebelausstrahlung im Gebiete λ 3500 bis λ 5000 berücksichtigt wurde. An Hand des vorliegenden, erfaßten Nebelspektrums (λ 3500 bis λ 6700) läßt sich nachweisen, daß die photographische Nebelstrahlung in den Filamenten nur etwa $^1/_5$ bis $^1/_{10}$ der gleichzeitig im UV und bei längeren Wellen $\lambda > 5000$ ausgestrahlten Energie ausmacht. Dementsprechend haben wir den Faktor $10^{4{,}1}$ noch um einen Faktor 5 bis 10 zu erhöhen, womit man auf eine bolometrische Leuchtkraftkorrektion

$$\Delta L_{\mathrm{bol}} \geq 10^{5{,}0}$$

kommt. Dieser Wert stellt einmal deshalb noch eine untere Grenze dar, da bei der Anregung im Nebel nur die Zentralsternstrahlung $\lambda < 912$ Å wirksam wird. Es ist allerdings zu erwarten, daß die Strahlung für $\lambda > 912$ Å mit ihrem Beitrage zu einer bolometrischen Korrektion nicht mehr weiter ins Gewicht fällt. Es ist aber sehr zweifelhaft und sogar sehr unwahrscheinlich, daß die ein Filament durchsetzende Strahlung bereits zu 100% absorbiert wird.

Den so erhaltenen Faktor $10^{5{,}0}$ für ΔL_{bol} entspricht eine Temperatur

$$T \geq 600\,000^\circ,$$

denn für diese Temperatur hat das Verhältnis der Integrale $\int_0^\infty I_\lambda \, d\lambda : \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I_\lambda \, d\lambda$ ungefähr den Wert 10^5, wenn I_λ die PLANCKsche Funktion bezeichnet und λ_1, λ_2 die Grenzen des photographischen Gebietes bedeuten. Gegen die Verwendung dieser bolometrischen Korrektion als Temperaturkriterium könnte man eventuell einwenden, daß der Stern im photographischen Gebiet mit einer niedrigeren Temperatur strahlt als im UV, die Energiekurve des integrierten Sternlichtes möglicherweise gerade im photographischen Gebiet eine Depression aufweist[1]). Das ermittelte T wäre dann überschätzt. Obwohl keine erkenntlichen Gründe für eine solche Annahme vorliegen, so sei

[1]) Bei den planetarischen Nebeln zeigt sich, daß die He II- und H-Linienintensitäten überraschend gut mit dem von A. UNSÖLD [10] bei τ Scorpii abgeleiteten $\zeta = 1:5$ darzustellen sind.

[2]) Weitere Einzelheiten in bezug auf die Variation der Linienintensitäten in Nebelgasen findet man in „Planetarische Nebel" [4].

[1]) Eine solche Depression der Strahlungskurve kann auftreten, wenn die Sternmaterie zufällig eine besonders starke „Absorptionsbande" in diesem Gebiete hat.

eine geringe Überschätzung offen gelassen. Der Einwand einer beträchtlichen Überschätzung würde zur Voraussetzung haben, daß die anregende UV-Strahlung nicht der eigentlichen Photosphärenstrahlung des Sternes entstammt, sondern eine Art UV-Exzeß darstellt ähnlich wie die Energie der Korona am Rande der Sonne. Daß eine solche Parallele hier nicht vorliegen kann, erkennt man aber sofort an dem hohen prozentualen Anteil der UV-Strahlung an der Gesamtstrahlung. Eine Deutung als UV-Exzeß würde bedingen, daß man diesem mehr als 90% der Gesamtstrahlung des Sternes zuordnet, was physikalisch widersinnig ist.

5. Das Spektralkontinuum der inneren amorphen Nebelmasse läßt keine monochromatische Linienemission erkennen. Wegen der geringen Dispersion in den vorliegenden Spektrogrammen (einige bis mehrere hundert Ångström je mm) und einer sehr wahrscheinlich existierenden starken DOPPLER-Verbreiterung, die man nach der Expansion der Filamente auf 20 bis 30 ÅE schätzen kann, bedeutet dies zwar keine vollkommene Abwesenheit von solchen Emissionen, jedoch Äquivalentbreiten bezogen auf das Kontinuum, die zu mindest unterhalb 30 ÅE liegen müssen. Diese Forderung verlangt auf jeden Fall Bedingungen in bezug auf die Ionisationshöhe und die Elektronentemperaturen, mit denen man bisher in ausgedehnten Nebelhüllen nie gerechnet hat.

Die Entstehung des starken Spektralkontinuums wird von MINKOWSKI auf eine frei-frei plus frei-gebundene Strahlung zurückgeführt. Diesen Gedanken hat man als zwingend anzusehen. BAADE [2] hat bereits ausdrücklich betont, daß die hohe Helligkeitsdifferenz zwischen Nebellicht und Zentralsternlicht und die Durchsichtigkeit der Nebelatmosphäre einen reinen Streuprozeß ausschließt. Außer den genannten Prozessen lassen sich in einem hochionisierten Gase keine weiteren angeben, die ein Kontinuum erzeugen könnten. Nicht ganz von der Hand zu weisen ist jedoch die Vermutung, daß die Verschmierung einer großen Anzahl von sehr schwachen Einzellinien einen prozentual ins Gewicht fallenden Beitrag zu dem Kontinuum liefert. Es ist dies sogar sehr wahrscheinlich. Um jedoch das Nichthervortreten einzelner intensiver Linien erklären zu können, muß allerdings die Bedingung erfüllt sein, daß die Atome über eine sehr große Anzahl höherer Ionisationsstufen verteilt sind. Einen allein ausschlaggebenden Effekt wird man einer zusammenfließenden Linienemission aber deshalb schwerlich zusprechen können, weil der Nebel nach den BAADEschen Aufnahmen in den vier selektiven Bereichen $\lambda\lambda$ 3600 bis 5000, 5000 bis 6000, 6300 bis 6700, 7200 bis 8400 keine deutlich wahrnehmbaren Strukturveränderungen zeigt. Diese Tatsache spricht für das Vorhandensein eines echten Kontinuums, das zumindest nicht der Größenordnung nach schwächer sein kann als das photographisch erfaßte Kontinuum.

Nach MINKOWSKI wäre die Ionisation in der Höhe von 100 eV bis etwa 300 eV und die Elektronentemperatur bei rund 50000° zu suchen. Der Verfasser hat schon an anderer Stelle [11] darauf aufmerksam gemacht, daß unter solchen Bedingungen das Verschwinden der monochromatischen Nebellinienemissionen noch auf keinen Fall zu erwarten ist. Selbst unter der Voraussetzung einer enormen DOPPLER-Verbreiterung sollten sowohl die ersten BALMER-Glieder als auch die He II-Linie λ 4686 bei einer Elektronentemperatur in dieser Höhe noch deutlich aus dem umgebenden Kontinuum hervorragen. Die Intensitäten dieser Linien würden dann noch ganz beträchtlich übertroffen werden von bekannten verbotenen Linien einiger Metallionen (insbesondere Fe VII und Fe X), deren Ionisationspotentiale in den angegebenen Bereich fallen. Die verbotenen Linien dieser Ionen sollten hier im Vergleich zu den BALMER-Linien noch günstiger gestellt sein als die bekannten Nebuliumlinien in den planetarischen Nebeln, in welchen dieselben H_β um einen Faktor 10 und mehr in der Stärke übertreffen.

Die nur geringen Anhaltspunkte, welche das bei geringer Dispersion aufgenommene Kontinuum liefert, gestatten keine genauen und detaillierten Aussagen über dessen Entstehung. Die sehr extremen physikalischen Bedingungen, die man postulieren muß, um die Abwesenheit starker monochromatischer Emissionen zu erklären, mögen überdies zunächst, da man nach den bisherigen astrophysikalischen Erfahrungen darauf wenig vorbereitet ist, nicht sehr überzeugend wirken. Das beobachtete Kontinuum ohne deutlich hervortretende Linien führt zwangsweise auf eine Ionisation in der Höhe von rund 1000 eV und Elektronentemperaturen von mindestens einigen 100000°.

Entgegen der wohl herrschenden Meinung läßt sich zeigen, daß solche oder doch ähnlich extreme Bedingungen in ausgedehnten kosmischen Nebelobjekten realisiert sind und zudem relativ häufig auftreten. Sie wurden bisher einzig infolge eines mangelhaften Verständnisses der Nebelemissionsspektren nicht erkannt. Die für den Crabnebel vorgeschlagenen Bedingungen gehen in Wahrheit kaum wesentlich über das hinaus, was sich zeitweise bei jedem gewöhnlichen Novaausbruch zeigt. Das Vorhandensein der hochionisierten [Fe X] ··· [Fe XIV] usw. Linien in der Sonnenkorona, wo ihre Anregung auf einen sog. UV-Exzeß zurückzuführen ist, hat dazu geführt, die ganze Tragweite des Erscheinens dieser Linien in den Novaespektren zu unterschätzen. Die [Fe X] ··· [Fe XIV] *Spektren* bedeuten in bezug auf die Anregungsverhältnisse (Sterntemperaturen) in der Sonnenkorona einerseits und den Novae anderseits etwas ganz verschiedenes, da in dem einen Falle die Linien nur bei abgedecktem Photosphärenlicht, in dem anderen dagegen im vollen Sternlicht erfaßt werden. Es ist evident, daß die Novaekerne in den fraglichen Zeitabschnitten von ausgedehnten Nebelhüllen*teilen* umgeben sind, in denen die Ionisation bei mindestens einigen hundert eV liegt. Denkt man sich die übrigen Hüllenteile fort, in denen die nach unten anschließenden Anregungen auftreten, so hat man damit eine direkte Vorstufe der Crabnebelhülle. Es ist mehr als wahrscheinlich, daß auch bei den Novae in den sternnäheren Partien die Ionisation noch über die von Fe XIV hinausgeht und auch 1000 eV erreicht[1]). Die Fe XIV-Nebelschichten der Novae liegen zweifellos näher an den anregenden Sternen als die kontinuierlich emittierende Hülle des Crabnebels, jedoch sind in den ersten die Gasdichten um entsprechende Größenordnungen höher, so daß die Energieverteilung im UV-Kontinuum der anregenden Sterne für beide Fälle jedenfalls qualitativ vergleichbar sein muß. Diese Behauptung findet eine unzweideutige Stütze in einer Bestimmung der Sterntemperaturen der Novaekerne nach der ZANSTRA-Methode, die mit einer gewissen Modifikation hier angewandt werden kann und untere Grenzen von 200000 bis 250000° ergibt[2]).

Nebelhüllenteile mit physikalischen Bedingungen analog denen des Crabnebels werden allgemein schwer erkannt, da sich deren Emission gewöhnlich eine intensivere Emission der nach unten hin anschließenden Ionisationsstufen überlagert, wofür eben die Novae das beste Beispiel liefern. Im Crabnebel wird das Gebiet maximaler Ionisation infolge der Weitmaschigkeit des Filamentensystems freigelegt.

Die Intensität der frei-frei-Strahlung eines Ions mit der Kernladung Z ist durch den Ausdruck

$$E_\nu \, d\nu = N_i \cdot N_\varepsilon \frac{h K Z^2}{2 R T_\varepsilon^{\frac{1}{2}}} g \, e^{\frac{-h\nu}{k T_\varepsilon}} \, d\nu \qquad (2)$$

gegeben. [N_i Dichte der Ionen mit der Kernladung Z, $R = 3{,}28 \cdot 10^{15}$ (RYDBERG-Konstante), $K = 3{,}16 \cdot 10^{-6}$,

[1]) In dem Spektrum der Nova RS Ophiuchi wurde die „Koronalinie" Ca XIII λ 4086,3 beobachtet, welche bereits eine Ionisation (Ca XII → Ca XIII) von 655 eV verlangt.

[2]) Nach einem Vorschlag von H. ZANSTRA [Publ. Obs. Victoria, Canada, 4, Nr. 15, (1931)] lassen sich bei planetarischen Nebeln aus einem Vergleich der Intensitäten gewisser Nebellinien mit der Intensität des photographischen Zentralsternkontinuums angenäherte Temperaturen des anregenden Zentralsternes ermitteln. Die Nebellinienintensitäten gestatten Rückschlüsse auf die Stärke der Sternstrahlung in gewissen UV-Bereichen und somit die Konstruktion einer angenäherten PLANCKschen Energiekurve. Soweit bisher entwickelt, ist die ZANSTRAsche Methode an eine extreme Strahlungsverdünnung am Ort des Nebelhülle gebunden, so daß Anregungen an einem einzelnen, individuellen Ion sehr selten sind, die Ionen somit sich praktisch dauernd in ihren Grundelektronenzuständen aufhalten. Dies beschränkt die Absorptionsvorgänge auf nur solche, welche von den Grundzuständen ausgehen. In den Novaehüllen ist diese Bedingung wegen der kleineren Abstände der Hüllen von den anregenden Zentralsternen nur in sehr roher Annäherung erfüllt. Eine naive Anwendung des ZANSTRA-Verfahrens führt hier deshalb nicht zu zuverlässigen Resultaten.

g GAUNT-Faktor $\cong 1$ für das photographische und visuelle Gebiet. Dieser Korrektionsfaktor, den wir hier vernachlässigen, ist benannt nach dem Autor GAUNT, der dessen Werte zuerst berechnet hat.]

Betrachten wir zunächst den hypothetischen Fall, daß nur die frei-frei-Strahlung des Wasserstoffions an der Erzeugung des Kontinuums beteiligt ist. Wegen der geringen Dispersion des beobachteten Spektrums und der sehr wahrscheinlich vorhandenen zahlreichen schwachen Emissionslinien setzen wir voraus, daß die Linie H_β dann praktisch verschwindet, wenn $I_\beta/\Delta\nu_\beta$ und E_ν gleich werden. $\Delta\nu_\beta$ wählen wir entsprechend 30 ÅE.

Der Verlauf von $\log(E_\nu : I_\beta/\Delta\nu_\beta)$ zeigt Kurve I in der Fig. 4. Nach dieser erkennt man, daß erst bei einer Elektronentemperatur der Höhe $T \cong 10^5$ mit einem Verschwinden von H_β zu rechnen ist. Wegen der hohen Häufigkeit des Heliums wird die frei-frei-Intensität des He III von derselben Größe wie die des H II. Weitere Beiträge liefern außerdem die frei-gebundenen Übergänge, die allerdings nur für $T_e < 10^5$ merklich ins Gewicht fallen. Für die frei-gebundenen Übergänge lautet die (2) analoge Formel

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_\nu\, d\nu &= \sum_{n=2Z+1}^{\infty} E_{\nu,n}\, d\nu \\ &= \sum_{n=2Z+1}^{\infty} N_i N_e \frac{h K Z^4}{T_e^{\frac{3}{2}}}\, g\, \frac{e^{\frac{-h(\nu-\nu_n)}{k T_e}}}{n^3}\, d\nu \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

(ν_n Frequenz der Seriengrenze). Für Wasserstoff ist die Summation mit $2Z+1=3$, für He II mit $2Z+1=5$ zu beginnen.

Unter Berücksichtigung beider Arten der kontinuierlichen Ausstrahlung erhält man für den log des Verhältnisses

$$\frac{E_\nu(\mathrm{H\,II}) + E_\nu(\mathrm{He\,III}) + \varepsilon_\nu(\mathrm{H\,II}) + \varepsilon_\nu(\mathrm{He\,III})}{I_\beta/\Delta\nu_\beta}$$

einen Verlauf in Abhängigkeit von T_e, wie derselbe durch die Kurve II in der Fig. 4 angezeigt ist. Danach wäre ein Eintauchen von H_β in das Kontinuum bei etwa $T_e = 400000°$ zu erwarten. Allerdings bleibt zu beachten, daß durch die Anwesenheit des He II jetzt die He II Linie λ 4686 mit einer Intensität, die etwa das dreifache von H_β beträgt, vorhanden ist. Deren Unsichtbarkeit erfordert ebenfalls ein $T_e \cong 10^5$. Da sich der Beitrag der *Linien*emission zu dem Kontinuum nicht abschätzen läßt, so muß gegebenenfalls damit gerechnet werden, daß die Forderung eines $T_e = 10^6$ doch etwas zu hoch gestellt ist.

Wenden wir uns nun zur Frage der Ionisationshöhe. Die bekannten Nebuliumlinien [1]) N_1, N_2 verschwinden in einem Nebel, sobald die Ionisation über 80 bis 100 eV ansteigt. An deren Stelle tauchen jedoch dann, um nur die intensivsten zu nennen, die verbotenen Linien Ne V und Fe VII auf, bei einer weiteren Steigerung der Ionisation sind die bekannten Koronalinien zu erwarten, die in den Bereich von 100 bis 700 eV Anregung fallen. Erst oberhalb dieser Grenze, bei rund 1000 eV, verarmen die Ionen an verbotenen Linien.

Trotz der geringen relativen Häufigkeit der Trägerelemente (Fe, Ca, Ni usw.) werden die verbotenen Linien insbesondere bei gesteigerten Elektronentemperaturen größenordnungsmäßig intensiver als die Wasserstoff- oder He II-Linien, wie es ja die Koronaverhältnisse und bei genauerer Betrachtung auch die Novaespektren direkt demonstrieren [12]. In den Novaespektren sind die Wasserstofflinien (H_α, H_β, H_γ usw.) zwar wesentlich stärker als die [Fe X]- und [Fe XIV]-Linien, man beachte jedoch, daß die H-Emission fast gänzlich aus den Zonen der niedrigeren Ionisationen stammt, die den hochionisierten nach außen vorgelagert sind.

Qualitativ ist der Verlauf des Intensitätsverhältnisses einer verbotenen Linie des Eisenatoms zu H_β mit der Elektronentemperatur durch die Kurve III der Fig. 4 gegeben.

Zur genauen Bestimmung dieses Verhältnisses bedarf es allerdings der noch ausstehenden Kenntnis der Anregungsquerschnitte. Bei der Darstellung der Kurve wurde ein Querschnitt gleich dem gaskinetischen gewählt, der jedoch möglicherweise um eine ganze Größenordnung zu hoch ist. Aber ziehen wir selbst eine noch größere Ungenauigkeit in Betracht und fassen weiterhin ebenfalls noch ins Auge, daß die Eisenatome über mehrere Ionisationsstufen verteilt sein können, so bleibt doch eine größenordnungsmäßig höhere Intensität der stoßangeregten verbotenen Linien im Vergleich zu H_β und damit ebenso in bezug auf das Kontinuum bestehen. Über *größere Teile* des Nebels hinweg können deshalb diese Ionen (Fe X bis Fe XIV) nicht vorhanden sein.

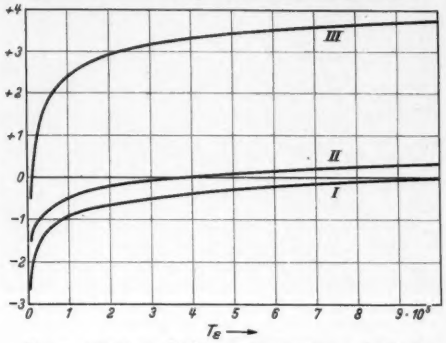


Fig. 4. (Abszisse: Elektronentemperaturen, Ordinate: Zehnerlogarithmen)

$$\left.\begin{aligned} &\text{Kurve } I: \ \log \frac{E_\nu(\mathrm{H\,II})}{I_\beta/\Delta\nu_\beta} \\ &\text{Kurve } II: \ \log \frac{E_\nu(\mathrm{H\,II}) + E_\nu(\mathrm{He\,III}) + \varepsilon_\nu(\mathrm{H\,II}) + \varepsilon_\nu(\mathrm{He\,III})}{I_\beta/\Delta\nu_\beta} \\ &\text{Kurve } III: \ \log \frac{I_{\text{verb.}}}{I_\beta} \end{aligned}\right\} \text{(s. Text)}$$

Wie sich zeigt, erhält man eine ausreichend hohe absolute Ausstrahlung nach den Formeln (2) und (3) für den Nebel bei Elektronendichten von $N = 10^2$ bis $5 \cdot 10^2$. Um bei diesen Dichten über den ganzen amorphen Nebelteil hin eine Ionisation von 1000 eV zu erreichen, wäre bei dem oben akzeptierten Sternradius nach der Fig. 1 eine Sterntemperatur von rund 10^5 Grad erforderlich. Gegenwärtig, d.h. solange die Zusammensetzung des Kontinuums nicht genauer bekannt ist sowie auch noch eine gewisse Unsicherheit in bezug auf den Sternradius besteht, läßt sich ein genaueres Datum über die Sterntemperatur nicht ermitteln. *Nach der vorangegangenen Diskussion kann soviel gesagt werden, daß diese nicht unter 500000° liegen kann.*

Literatur.

[1] DUYVENDAK, J. J. W.: Publ. A.S.P. **54**, 91 (1942). — MAYALL, N. U., and J. H. OORT: Publ. A.S.P. **54**, 95 (1942). — [2] BAADE, W.: Ap. J. **96**, 188 (1942). (Ap. J. = Astrophysical Journal, Publ. A.S.P. = Publication of the Astronomical Society of the Pacific.) — [3] MINKOWSKI, R.: Ap. J. **96**, 199 (1942). — [4] Vgl. dazu eine in Kürze erscheinende kleine Monographie des Verf. „Die planetarischen Nebel". Berlin: Akademie-Verlag 1951. Zit. weiterhin als „Plan. Nebel". — [5] SLIPHER, V. M.: Nature [London] **95**, 185 (1915). — Publ. A.S.P. **28**, 192 (1916). — [6] SANFORD, R. F.: Publ. A.S.P. **31**, 108 (1919). — [7] MAYALL, N.U.: Publ. A.S.P. **49**, 101 (1937). — [8] Zur Ableitung dieser Gleichung siehe beispielsweise S. ROSSELAND, Astrophysics, Cambridge 1936 oder auch „Plan. Nebel" S. 76f. — [9] WRIGHT, H. H.: Lick Publ. XIII. — [10] UNSÖLD, A.: Z. Astrophysik **21**, **22** (1941). — [11] Siehe „Plan. Nebel", S. 118. — [12] Vgl. dazu „Plan. Nebel" S. 20, Formel (4b).

Hamburger Sternwarte, Hamburg-Bergedorf.

Eingegangen am 28. Mai 1951.

[1]) Vor der Identifizierung des Trägers dieser Linien (O III-Ion) schrieb man sie einem unbekannten Element Nebulium zu.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die Kurzen Originalmitteilungen sind ausschließlich die Verfasser verantwortlich.

Eine neue Oberflächenstruktur bei gedehntem Aluminium.

Die elektronenmikroskopischen Untersuchungen von HEIDENREICH und SHOCKLEY[1]) und BROWN[2]) an gedehntem Reinstaluminium haben gezeigt, daß jede im Lichtmikroskop erkennbare Gleitlinie aus einer Anzahl von Stufen besteht, deren Breite 200 bis 800 Å beträgt. Eigene Untersuchungen an 99,99%igem Aluminium wurden mit viel- und einkristallinen Proben von 50 × 5 × 1 mm Größe durchgeführt. Zum

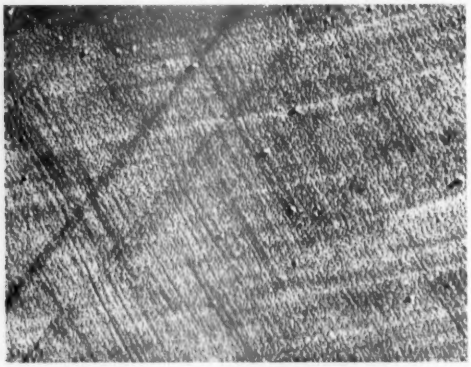


Fig. 1. Gleitbänder und Elementarstruktur dreier einander kreuzender Gleitsysteme in einer etwa 15% gedehnten vielkristallinen Probe. Unter 20° mit Wolframoxyd bedampft. 10000:1. Photographisches Negativ.

Unterschied zur elektronenmikroskopischen Präparationstechnik der oben genannten Forscher, die elektrolytisch erzeugte Aluminiumoxydabdrücke benutzten, wurden hier Abdrücke durch Bedampfen der Proben mit Siliziumoxyd hergestellt. Dieses Verfahren führt zu einer Fixierung der Luft-

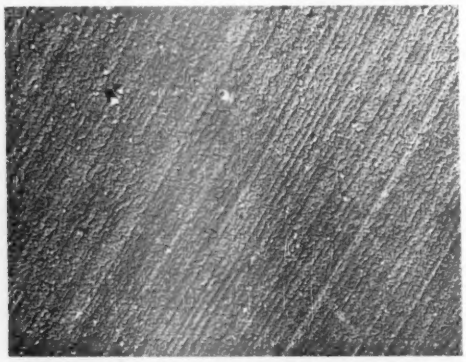


Fig. 2. Elementarstruktur eines um etwa 6% gedehnten Einkristalles. Unter 30° mit Wolframoxyd bedampft. 21000:1. Photographisches Negativ.

oxydhäute oder der durch das elektrolytische Polieren entstandenen Oxydfilme. Das Ablösen der Abdrücke vom Metall erfolgte in der für Aluminiumoxydhäute bekannten Weise mit Sublimatlösung. Diese Präparation hat gegenüber dem Aluminiumoxydabdruck, der nach der Verformung durch elektrochemische Einwirkung erzeugt wird, den Vorzug, daß sie die Oberfläche des gedehnten Metalles unverändert läßt. Die Oberflächenfeinheiten wurden in den meisten Fällen durch Schrägbedampfung mit Wolframoxyd entwickelt.

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen in den oben genannten Arbeiten wurde die Feinstruktur in den Gleitbändern wiedergefunden. Darüber hinaus aber wurde zwischen den Gleitbändern eine feine Linienstruktur oder besser Stufenstruktur entdeckt, die im folgenden Elementarstruktur genannt werden soll. Die Linien der Elementarstruktur sind ausnahmslos den Gleitbandscharen parallel, und falls zwei oder drei sich kreuzende Systeme von Gleitbändern auftreten, so sind im allgemeinen auch die entsprechenden Linien der Elementarstruktur vorhanden (Fig. 1). Die Elementarstruktur wird mit steigender Dehnung etwas deutlicher, wurde aber bereits bei Proben gefunden, die um 0,5 und 0,8% gedehnt worden waren, und zwar auch in Körnern, die noch keine Gleitbänder enthielten. Nach der Untersuchung sehr vieler Proben gewinnt man den Eindruck, daß die Elementarstruktur eine Vorstufe der Gleitbandbildung ist. Allerdings gibt es immer wieder einzelne Präparate, auf denen zwar Gleitbänder, aber keine Elementarstruktur sichtbar sind. Wir möchten aber mit HEIDENREICH und SHOCKLEY[1]), die die entsprechende Beobachtung an der Feinstruktur der Gleitbänder machten, annehmen, daß solche Fälle durch experimentelle Bedingungen erklärbar sind, ganz besonders da die Elementarstruktur außerordentlich fein ist. Zur Demonstration dieses Punktes seien die folgenden numerischen Werte genannt: Der gegenseitige Abstand benachbarter Elementarlinien gleicht im allgemeinen dem der Stufen in den Gleitbändern, d.h., er ist etwa 200 bis 800 Å; die Stufentiefe ist sehr schwer zu bestimmen, scheint aber bei den feinsten Stufen 10 bis 20 Å und teilweise noch kleiner zu sein. Wir sehen also, daß sich die Elementarstruktur von der Feinstruktur in den Gleitbändern in der Tiefe der Stufen unterscheidet, aber nicht in ihrer Breite. Nimmt man nun an, daß die Elementarstruktur durch feinste Abgleitungen zustande kommt und daß sie nicht nur ein Oberflächeneffekt ist, sondern sich durch den ganzen Kristall gleichmäßig erstreckt, so findet man, daß ihr eine Abgleitung entspricht, die in der Gegend von 2% liegt. Es ist deswegen verlockend anzunehmen, daß die sog. „gleitlinienfreie Deformation"[3]), d.h. die Verformung, die vor dem Auftreten der ersten sichtbaren Gleitbänder entsteht, durch die Elementarstruktur hervorgerufen wird.

Die Untersuchung wurde mit einem Philips-Elektronenmikroskop durchgeführt.

Diese Veröffentlichung erfolgt mit Genehmigung des South African Council for Scientific and Industrial Research.

National Physical Laboratory, Pretoria, Department of Physics, University of the Witwatersrand, Johannesburg.

HEINZ WILSDORF und DORIS KUHLMANN-WILSDORF.

Eingegangen am 24. September 1951.

[1]) HEIDENREICH, R. D., u. W. SHOCKLEY: Report of a Conf. on the Strength of Solids. Bristol 1947. — Phys. Soc. **1948**, 57. — J. appl. Physics **18**, 1029 (1948).

[2]) BROWN, A. F.: Nature [London] **163**, 961 (1949). — Metallurg. Applications of the Electron Microscope. The Inst. of Metals. London 1950, S. 103.

[3]) KUHLMANN, D.: Z. Metallkunde **41**, 129 (1950).

Lithiummetastannat.

Auf der Suche nach geeigneten Modellsubstanzen, an denen der Übergang von Ordnung nach Fehlordnung an Hand der Struktur studiert werden konnte, stellten wir erstmals das Lithiummetastannat her. In Anlehnung an eine Arbeit von KORDES[1]) über das im Steinsalzgitter kristallisierende, bei gewöhnlicher Temperatur metastabile Li_2TiO_3 erhielten wir Li_2SnO_3 durch Schmelzen oder durch Reaktion im festen Zustand von SnO_2 mit einem gegenüber der theoretischen Menge geringen Überschuß von Li_2CO_3 bei Temperaturen von 650 bis 1250° C im Degussittiegel. Durch Herauslösen des überschüssigen Alkalis mit Essigsäure 1:1 erhielt man Li_2SnO_3 als meist weißes, manchmal auch leicht bräunliches nicht hygroskopisches Kristallpulver, das sich erst nach längerem Kochen in starken konzentrierten Säuren löste. Analytisch wurden 65,5% Sn und 7,8% Li gefunden; die theoretischen Werte betragen 65,73% Sn und 7,69% Li.

Es wurde das Gewichtsverhältnis $Li_2CO_3:SnO_2$ systematisch variiert; trotzdem konnte unter den Versuchsbedingungen nach Aussage der Röntgenanalyse der erhaltenen Präparate keine andere Verbindung als Li_2SnO_3 erhalten werden. Durch mehrstündiges Entwässern bei 920° C eines nach ZOCHER[2]) hergestellten Lithiumhexahydroxostannats erhielt man, wie DEBYE-SCHERRER-Aufnahmen des Endproduktes und Kontrolle des Glühverlustes zeigten, ebenfalls reines Li_2SnO_3.

Aus den bei höheren Temperaturen im Schmelzfluß hergestellten Präparaten erhielt man stark lichtbrechende, sehr kleine, blättchenförmige Kriställchen von hexagonalem Habitus, die nach Untersuchung unter dem Polarisationsmikroskop

sich als optisch einachsig erwiesen. Dieselben optischen Befunde zeigte in jeder Hinsicht die analog dargestellte Natriumverbindung Na_2SnO_3. Die röntgenographische Untersuchung beider Verbindungen und der von KORDES[1]) erwähnten und nicht näher beschriebenen optisch anisotropen Ordnungsphase von Li_2TiO_3 läßt auf Isotypie aller drei Substanzen schließen. Eine Auswertung der DEBYE-SCHERRER-Diagramme unter Verwendung der HULL-DAVEYschen Kurven ergab im einzelnen folgende Werte für eine hexagonale Indizierung:

Tabelle 1. *Gitterkonstanten und Dichten.*

Verbindung	a in Å	c in Å	c/a	Pyknometrische Dichte	Molekeln je Zelle
Li_2SnO_3 . . .	9,0$_0$	14,7$_0$	1,63	4,9$_0$	17,2
Na_2SnO_3 . .	9,5$_0$	16,6$_0$	1,75	4,6$_6$	17,3

Aus den jeweils bei 25° C gemessenen pyknometrischen Dichten ergeben sich etwa 18 Molekeln je Elementarzelle. Drehkristallaufnahmen von Li_2SnO_3 in den beiden a-Achsen und der c-Achse bestätigten unter geringfügiger Erhöhung die aus den Debyeogrammen bei relativ niederen Winkeln berechneten Abstände, und damit nähert sich die Molekelzahl der Zahl 18. Durch Ausbildung einer Überstruktur ist unter Umständen mit einer Verdopplung der c-Achse zu rechnen. Das Gitter hat Verwandtschaft mit der Struktur von MgO. In den drei genannten Verbindungen wäre ein Vertreter der seltenen kristallographischen Verbindungsklasse A_2BX_3 gefunden. Die Untersuchungen zur Strukturaufklärung werden fortgesetzt.

Stuttgart, Laboratorium für anorganische Chemie der Technischen Hochschule.

F. HUND und G. LANG.

Eingegangen am 17. September 1951.

[1]) KORDES, E.: Z. Kristallogr., Mineral., Petrogr., Abt. A **92**, 139 (1935).
[2]) ZOCHER, H.: Z. anorg. allg. Chem. **112**, 1 (1920).

Zur Frage des Ausbleichens von fluoreszierenden Farbstoffen im Licht.

An alkoholischen Lösungen von photosensibilisierenden Farbstoffen ($Sens_{norm}$) wie Eosin oder Methylenblau und von Akzeptoren (A) wie Mono- und Polyolefinen und deren Derivaten konnten wir immer wieder zwei verschiedene photochemische Ausbleichvorgänge beobachten.

In Abwesenheit von O_2 entfärben sich die belichteten Lösungen je nach Art und Menge von A mehr oder weniger schnell. Das durch Absorption eines Lichtquants gebildete phototropisomere Diradikal $Sens^{rad}$[1]) geht unter Dehydrierung von A in die Leukoverbindung $Sens \cdot H_2$ über, aus der $Sens_{norm}$ mittels O_2 wieder hervorgebracht werden kann. Ein interessantes Beispiel solcher Photoreaktionen[2]) ist die Bildung des Ergopinakons[3]) beim Belichten von Ergosterin in Gegenwart von Eosin, Erythrosin oder Chlorophyll in O_2-freier Lösung.

Belichtet man indessen in sonst gleicher Weise unter O_2, so wird O_2 verbraucht und AO_2 gebildet. Erst sehr viel später als im Parallelversuch in Abwesenheit von O_2 ist die zweite Bleichreaktion zu erkennen, die zu einer *irreversiblen oxydativen* Zerstörung des Farbstoffes führt. Geht man nun von reinem Sauerstoff auf Luft über, so wird das oxydative Ausbleichen paradoxerweise beschleunigt. Der Sauerstoff schafft also die Voraussetzungen für das oxydative Bleichen, hemmt aber zugleich den eigentlichen Bleichvorgang, der hiernach nicht auf einer photochemischen Reaktion einer Farbstoffmolekel mit O_2 beruht.

Da O_2 im Dunkeln weder mit dem Farbstoff noch mit dem Akzeptor oder dem Lösungsmittel reagiert, kann nur die Affinität von O_2 gegenüber dem phototrop-isomeren Diradikal $Sens^{rad}$ als Ursache für die geschilderte Hemmwirkung in Betracht kommen. Das oxydative Ausbleichen beginnt hier also mit einer Reaktion von $Sens^{rad}$, die mit der Anlagerung von O_2 konkurriert. Eine Umsetzung von $Sens^{rad}$ mit $Sens^{rad}_{\cdots} O_2$ scheidet wegen zu geringer Lebensdauer beider Partner unter den ohne zusätzliche optische Hilfsmittel erreichbaren Bestrahlungsdichten aus. Denkbar erscheint jedoch die in Abwesenheit von O_2 allein erfolgende Bildung von $Sens \cdot H_2$, da $Sens^{rad}$, wie wir zeigten, auch in Gegenwart von O_2 sowohl durch Stöße mit O_2 als auch durch Stöße mit A zu $Sens_{norm}$ inaktiviert wird[4]). Da jedoch die Bleichreaktion oft nur etwa 1‰ der über $Sens^{rad}_{\cdots} O_2$ zu AO_2 führenden Hauptreaktion ausmacht, verlieren die für die Hauptreaktion berechtigten chemischen Argumente[1]) hier ihre Beweiskraft.

Wir ersetzten nun die inaktivierenden Stöße mit O_2 durch die etwa gleiche Anzahl inaktivierender Stöße mit Cyclooktatetraen und fanden die sonst in Abwesenheit von O_2 ablaufende Photodehydrierung praktisch vollständig unterbunden[5]). Ihr Anteil dürfte daher bei der photosensibilisierten Reaktion von A mit O_2 nach vorsichtiger Schätzung 0,01% der Hauptreaktion nicht überschreiten.

Da die Geschwindigkeit des oxydativen Bleichens mit der Art und Menge von A variierte, aber in allen Fällen im Verlaufe der Belichtung und Sauerstoffaufnahme anstieg, kamen allein noch die Reaktionsprodukte AO_2 für die bleichende Umsetzung mit $Sens^{rad}$ in Betracht, was uns das Experiment bestätigte: Lösungen von Eosin oder Methylenblau und von Endoperoxyden wie Askaridol, von Hydroperoxyden wie Dipentenhydroperoxyd oder auch von H_2O_2[6]), die im Dunkeln stabil sind, bleichen bei Belichtung unter N_2 rasch oxydativ aus. Diese photochemischen Bleichprozesse werden durch O_2 wie durch Cyclooktatetraen stark gehemmt, so daß z. B. eine unter N_2 in 8 Std völlig ausbleichende Eosin-H_2O_2-Lösung unter O_2 oder bei Zusatz von Cyclooktatetraen auch unter N_2 nach 32 Std noch kaum verändert erscheint.

Nach diesen Ergebnissen verstehen wir, welche Faktoren bei den von uns studierten photosensibilisierten Reaktionen mit O_2 zusammenwirken müssen, damit die durch das Eingreifen von $Sens^{rad}$ aus A und O_2 entstehenden Peroxyde und Hydroperoxyde sich anreichern und präparativ zugänglich werden. Zum Beispiel wird das aus α-Terpinen und O_2 photosynthetisch zugängliche Askaridol bei Belichtung in Abwesenheit von O_2 und von Sensibilisator isomerisiert[7]), in Gegenwart von O_2 und in Abwesenheit von Sensibilisator aber autoxydiert[7]). Unter den Bedingungen der Askaridolsynthese, also Belichtung in Gegenwart von z. B. Methylenblau und von O_2 sind Isomerisierung und Autoxydation des Askaridols völlig inhibiert, der Farbstoff wirkt dabei als gelöstes Lichtfilter. Hierzu ist er aber nur in Gegenwart von O_2 befähigt, da der photochemisch angeregte Sensibilisator in Abwesenheit von O_2 mit dem Askaridol reagiert und dabei oxydativ ausbleicht. Auch die Lichtbeständigkeit des Askaridols in Chenopodium anthelminticum wird so verständlich.

Möglicherweise führen die hier erkannten Zusammenhänge auch zu einer teilweisen Erklärung für die so erstaunliche Lichtbeständigkeit des Chlorophylls in den Pflanzen. Dies setzt freilich voraus, daß das photochemisch angeregte Chlorophyll in ähnlicher Weise wie die aus Eosin oder Methylenblau entstehenden phototrop-isomeren Diradikale Sauerstoff anlagert. Unsere bisherigen reaktionskinetischen Untersuchungen weisen in diese Richtung.

Organisch-Chemisches Institut der Universität Göttingen.

GÜNTHER O. SCHENCK und KLAUS G. KINKEL.

Eingegangen am 5. Oktober 1951.

[1]) SCHENCK, G. O.: Naturwiss. **35**, 28 (1948). — Z. Naturforschg. **3b**, 59 (1948). — Fiat-Berichte, Naturforschung und Medizin in Deutschland 1939—1946. Präparative organische Chemie, Teil I, S. 197f. 1948.
[2]) LEVAILLANT, R.: C. R. hebd. Séances Acad. Sci. **177**, 398 (1923).
[3]) WINDAUS, A., u. P. BORGEAUD: Liebigs Ann. Chem. **460**, 235 (1928).
[4]) SCHENCK, G. O.: Z. Elektrochem. **55**, 505 (1951). — SCHENCK, G. O., u. K. KINKEL: Naturwiss. **38**, 355 (1951).
[5]) Nach den unter 4 zitierten reaktionskinetischen Untersuchungen ist für die Inhibitorwirkung des Cyclooktatetraens eine innere Lichtfilterwirkung bereits ausgeschlossen.
[6]) H. F. BLUM und C. R. SPEALMAN [J. physic. Chem. **37**, 1123 (1933)] beobachteten das photochemische Ausbleichen von Eosin durch H_2O_2 und dessen Hemmung durch O_2, ohne die Natur dieser Inhibitorwirkung erklären zu können. Deutbar in diesem Zusammenhang jetzt auch die von F. WEIGERT (Nernst-Festschrift 1912, S. 464) beobachtete Hemmung der H_2O_2-Bildung durch O_2 bei der durch Eosin photosensibilisierten Autoxydation.
[7]) SCHENCK, G. O., u. H. J. MERTENS: Unveröffentlicht.

Über die Papierelektrophorese von Nukleinsäuren.

Nukleinsäuren, die unter anderem als Komponenten der Viren nach Art und Menge von Bedeutung sind, können auf Filtrierpapier durch Färben mit Fuchsin in essigsaurer Lösung und anschließendem gründlichem Auswaschen mit 1%iger Essigsäure sichtbar gemacht werden. Bei Anwesenheit noch anderer elektrophorierbarer hochmolekularer Stoffe ist zur Identifizierung der Nukleinsäuren eine spezifische Färbung möglich. Der Streifen wird zu diesem Zweck kurz in eine Molybdänblaulösung nach ZINZADZE[1]) eingetaucht, sofort mit viel Wasser gewaschen und entweder durch Abpressen mit

Filtrierpapier getrocknet oder sofort nach dem Auswaschen des Molybdänreagenzes zur Verstärkung der Blaufärbung in eine Zinnchlorürlösung getaucht, worauf er längere Zeit in verdünnter Essigsäure oder verdünnter Salzsäure gewässert werden muß. Die schwache Anfärbung des Filtrierpapiers verschwindet dabei nach einiger Zeit, und die Blaufärbung der Nukleinsäurezone ist dann beständig.

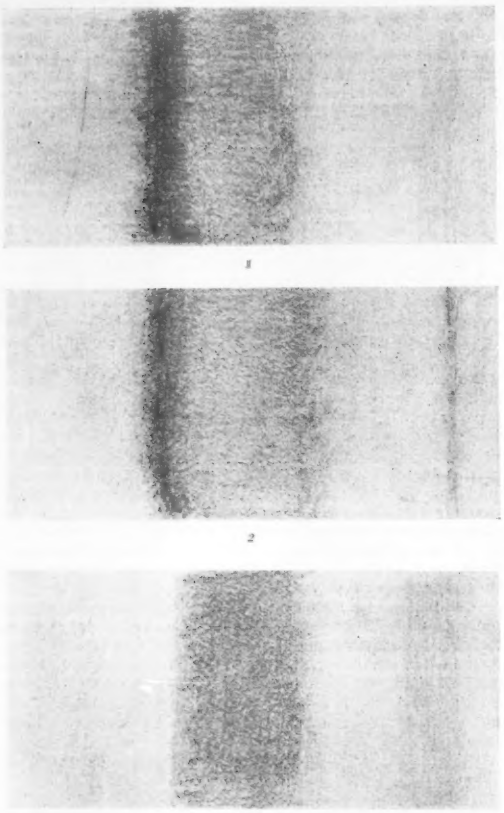


Fig. 1. Elektrophoretische Zerlegung von Nukleinsäuren. *1* Hefenukleinsäure (Merck, Vorkriegspräparat); *2* Hefenukleinsäure (Merck, Nachkriegspräparat); *3* Hefenukleinsäure (durch Extraktion mit NaOH bei 0° dargestellt).

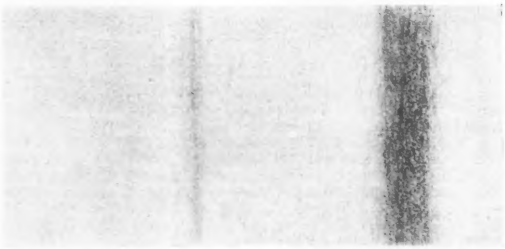


Fig. 2. Elektrophoretische Zerlegung eines γ-Globulin-Nukleinsäuregemisches.

Nukleinsäuren verschiedener Herkunft und Darstellungsweise können bei p_H 2 bis 3 unter eventuellem Zusatz von Harnstoff auf Filtrierpapier (Whatman 1 oder Schleicher & Schüll 2043 b) elektrophoretisch zerlegt werden. Die beiden Papiersorten ergeben kleinere Unterschiede in den Zonenbildern bei prinzipiell gleichartigem Verlauf. [Papierbreite 5 cm, Spannung 220 V = 2 mA je Streifen, Laufzeit 4 bis 6 Std.] Die p_H-Werte des verwendeten Zitratpuffers nach SÖRENSEN und CLARK müssen zur Erzielung differenter Wanderungsgeschwindigkeiten der Nukleinsäurefraktionen möglichst niedrig liegen. Es wurde bei p_H 3 oder besser bei p_H 2 unter Zusatz von 10% Harnstoff zur Löslichhaltung der Nukleinsäuren gearbeitet. Mit Pufferlösungen höherer p_H-Werte konnten wir keine Fraktionierung bekommen.

Folgende Nukleinsäuren wurden geprüft (s. Fig. 1):

1. Hefenukleinsäure (Merck, Vorkriegspräparat),
2. Hefenukleinsäure (Merck, Nachkriegspräparat),
3. Hefenukleinsäure (durch Extraktion mit NaOH bei 0° dargestellt),
4. Hefenukleinsäure (nach DIMROTH durch Extraktion mit 10%iger NaCl-Lösung bei 95° aus Hefe dargestellt),
5. Thymusnukleinsäure [nach SIGNER und SCHWANDER[2]) dargestellt],
6. Gemisch von γ-Globulin mit 6% Nukleinsäure, der Konzentration entsprechend, wie sie z. B. in Tabakmosaikvirus vorliegt.

Die Präparate 1 und 2 unterscheiden sich hauptsächlich in der Ausbildung der am langsamsten wandernden ersten Zone, die bei dem Nachkriegspräparat bei stärkerer Intensität der Bande schmaler erscheint. Dieses Präparat scheint eine größere Menge höhermolekulare, relativ homogene Bestandteile zu enthalten. Die Hauptfraktion der Nukleinsäure befindet sich offenbar bei beiden Präparaten in der am schnellsten wandernden dunklen Zone am äußersten Rand des Bildes. Die mit NaOH aus Hefe extrahierte Nukleinsäure (Präparat 3) zeigt durch Aufspaltung in drei Zonen weitgehenden Abbau an. Die Hauptfraktion der Präparate 1 und 2 ist hier also bei der abweichenden Darstellung verändert worden.

Die nach DIMROTH dargestellte Hefenukleinsäure unterscheidet sich von Präparat 2 bei sonst ähnlichem Bild durch eine noch intensivere erste Zone. Bei der nach SIGNER und SCHWANDER dargestellten Thymusnukleinsäure erfolgt bei allen geprüften p_H-Werten praktisch keine elektrophoretische Wanderung. In einem Eiweiß-Hefenukleinsäuregemisch lassen sich in einem Boratpuffer vom p_H 8 die beiden Komponenten nebeneinander sichtbar machen, wenn die eine Hälfte des Streifens mit Fuchsin und die andere mit Azokarmin nach TH. WIELAND[3]) angefärbt wird. Eine Aufspaltung der Nukleinsäure erfolgt bei p_H 8 jedoch nicht.

Es soll weiter versucht werden, phytopathogene native Virusnukleinsäuren oder Bruchstücke derselben auf diese oder ähnliche Weise elektrophoretisch zu analysieren und zu charakterisieren.

Anmerkung. Nach Abschluß des Manuskriptes kommt uns eine Arbeit von J. E. BACHER und F. W. ALLEN: „Löslichkeits- und Sedimentationsstudien an gewissen Pentose-Nukleinsäuren" zur Kenntnis [J. biol. Chemistry 184, 511 (1950)].

Danach wurden nach Löslichkeitsuntersuchungen in Hefenukleinsäuren drei Komponenten gefunden, und auch im Schlierendiagramm einer Hefenukleinsäure wurden kleine Mengen kleinerer Bruchstücke festgestellt.

Aus der Biologischen Bundesanstalt, Institut für angewandte Chemie, Hann.-Münden.

W. KANNGIESSER.

Eingegangen am 6. September 1951.

[1]) ZINZADZE, SCH.: Z. Pflanzenernähr., Düng. Bodenkunde A **16**, 126 (1930); **23**, 447 (1932). — Ind. Engng. Chem. **27**, 24 (1935).
[2]) SIGNER, R., u. W. SCHWANDER: Helv. chim. acta **32**, 853 (1949).
[3]) WIELAND, TH., u. L. WIRTH: Angew. Chem. **62**, 473 (1950).

Verhalten von Fibroblasten unter aeroben und anaeroben Bedingungen.

Unsere Beobachtungen, daß in vitro gezüchtete Fibroblasten (d. h. unter aeroben Bedingungen) bei Zusatz von Atmungs-, Phosphorylierungs- oder Mitochondriengiften lebhafte Plasmabewegungen zeigen[1]), führten uns zu der Fragestellung, wie sich die Fibroblasten anaerob verhalten. Wir entwickelten zur anaeroben Züchtung folgende Technik: Auf einen normalen Objektträger wird ein mit zwei übergreifenden Durchbohrungen von 1,5 cm Durchmesser versehener Objektträger mit Vaseline dicht aufgeklebt. Ein Deckglas, das beide Öffnungen abdichtet, wird mit der Gewebekultur so versehen, daß diese nur in eine der Öffnungen ragt. Der zweite freie Raum wird mit einem Schnitzel gelben Phosphors versehen, der so nicht mit der Kultur unmittelbar in Berührung kommen kann, sondern nur aus dem Luftraum den Sauerstoff absorbiert [s. auch[2]]. Das Deckglas und die Objektträger werden gut mit Paraffin abgedichtet.

Bringt man eine Fibroblastenkultur, die 24 Std normal, d. h. aerob, gewachsen ist, nach dieser Technik unter anaerobe Bedingungen, so zeigen die Zellen das gleiche Verhalten wie bei Zusatz von Viktoriablau unter aeroben Bedingungen.

Nach 15 bis 20 min bilden sich an der vorher glatten Zelloberfläche feine Auswölbungen, es treten dann lebhafte Plasmabewegungen auf, die zu Teilabschnürungen führen. Diese Bewegung läßt sich zunehmend bei den Zellen der Randzone feststellen. Mit diesem Experiment der Atmungsausschaltung durch Sauerstoffentzug läßt sich die Bedeutung der Atmung für die Zellruhe am sinnfälligsten demonstrieren. Diese Versuchsanordnung gestattet es weiterhin, nach bestimmten Zeitabständen die Kultur wieder unter aerobe Bedingungen zurückzubringen; hierbei läßt sich eine weitgehende Reversibilität feststellen. Die in Bewegung befindliche Oberfläche der Zellen glättet sich wieder und die Zellen nehmen wieder die Formen an, die sie unter aeroben Bedingungen hatten. Lediglich die Zellen, die durch lebhafte Plasmabewegungen Teile des Plasmas verloren haben, scheinen irreversibel geschädigt.

Bemerkenswerterweise gehen aber auch bei fortgesetzter anaerober Aufbewahrung die Zellen wieder in eine gestreckte Form über; die Zellen müssen demnach die Fähigkeit zur Adaptation an die anaeroben Verhältnisse haben. LASER[2]) hat gezeigt, daß Fibroblasten bei starker Reduktion der Atmung durch Gifte oder Sauerstoffmangel wachsen können. Mit der beschriebenen Technik ließen wir Fibroblasten 24 Std anaerob wachsen. Die Zellen in einer solchen Kultur, deren Wachstum viel geringer als das einer Kultur unter aeroben Bedingungen ist, sind von gestreckter Form; nur die Zellen in Mitose zeigen die Plasmaunruhe. Fügt man zu einer solchen Kultur unter Aufrechterhaltung der anaeroben Bedingungen Viktoriablau, so zeigen die Zellen Farbstoffaufnahme, aber keine Plasmabewegungen. Es erscheint trivial, daß bei fehlender Atmung ein Atmungsgift keinen Effekt auslösen kann. Die Zellruhe der anaerob wachsenden Zellen muß durch einen Spiegel der Zelle an Adenosintriphosphorsäure (ATP) aufrechterhalten werden, der dem aerob wachsender Zellen entspricht. Diese Adaptation könnte in einer Einschränkung ATP-verbrauchender Reaktionen und einer Hemmung der in den Mitochondrien enthaltenen Adenosintriphosphatase bestehen. Bei der Bewegung sich anaerob teilender Zellen kann die Senkung des ATP-Spiegels durch Glykolysehemmung oder durch Aktivierung der Mitochondrien zustande kommen. Hierin liegt der Gegensatz zur aerob erfolgenden Teilung, bei der Atmungshemmung oder Inaktivierung der Mitochondrien notwendig sind.

Institut für experimentelle Krebsforschung der Universität Heidelberg.

HANS LETTRÉ, MARIANNE ALBRECHT und RENATE LETTRÉ.

Eingegangen am 2. August 1951.

[1]) LETTRÉ, H.: Naturwiss. **38**, 490, 505 (1951).
[2]) LASER, H.: Biochem. Z. **264**, 72 (1933).

Zur Auslösung von Plasmabewegungen in Ruhezellen.

Der von uns beobachtete Effekt, daß Viktoriablau bei in vitro gezüchteten Ruhezellen lebhafte Plasmabewegungen auslöst[1]), wurde inzwischen in einer Reihe von Zeitrafferfilmaufnahmen festgehalten; diese Aufnahmen werden zu gegebener Zeit durch das Institut für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht, Göttingen, zugänglich gemacht werden.

Die Auslösung der Plasmabewegungen durch Viktoriablau wurde dahin gedeutet, daß durch die Blockierung der in den Mitochondrien lokalisierten Fermente, insbesondere der Atmungsfermente, eine Erniedrigung des Spiegels der Zelle an Adenosintriphosphorsäure (ATP) herbeigeführt wird, wodurch kontraktile Systeme der Zelloberfläche aus einem Zustand der Dauerkontraktion in den einer periodischen Kontraktion übergehen. Nach dieser Theorie muß der Effekt nicht nur durch Viktoriablau, sondern allgemein durch Atmungs-, Phosphorylierungs- und Mitochondriengifte zu erzielen sein. Wir haben daher eine große Zahl von Stoffen geprüft, ob sie beim Zusatz zu dem Medium einer Kultur von Fibroblasten, die 24 Std gewachsen waren, Plasmabewegungen auslösen oder nicht. Die Dosierungen der in der Tabelle 1 zusammengestellten Stoffe waren so gewählt, daß bis zu 1 mg/cm³ vorhanden war, so daß negative Ergebnisse nicht auf eine zu geringe Dosis zurückgeführt werden können; bei wirksamen Stoffen wurde die Dosis reduziert.

In Übereinstimmung mit der Theorie rufen Atmungsgifte wie Kaliumzyanid, 8-Oxychinolin und Berberin lebhafte Plasmabewegungen hervor, ebenso das Phosphatasengift Phlorrhizin, obschon bei diesem der Effekt langsamer eintritt. Glykolysegifte wie Brom- und Jodessigsäure und Natriumfluorid bewirken keine Bewegungsauslösung, da der glykolytische Stoffwechsel hierfür notwendig ist. Von den untersuchten Farbstoffen ist das Janusgrün von besonderem Interesse; als Mitochondrienfarbstoff wird es schon lange verwendet, und LEUTHARDT[2]) konnte zeigen, daß es die Fermentreaktionen isolierter Mitochondrien blockiert. Dementsprechend ist die Auslösung der Plasmabewegungen durch Janusgrün sehr gut zu erzielen. Von den anderen untersuchten Farbstoffen erwiesen sich diejenigen, die als Mitochondrienfarbstoffe bekannt sind, als aktiv. Colchicin löst in Dosen von 1 mg/cm³, in denen es atmungshemmend wirkt, Plasmabewegungen aus; in kleineren Dosen von 10 γ/cm³, mit denen es keine Atmungshemmung, aber noch sehr starke Mitosehemmung bewirkt, zeigt es diese Wirkung auf das Plasma nicht. Die Mitosegifte Auramin und quecksilberorganische Verbindungen sind inaktiv, während das besondere Affinität zu den Nukleinsäuren und damit zu den Mitochondrien zeigende Trypaflavin Bewegungen auslöst. Die vier untersuchten Antibiotica, Koffein, Kardiazol und eine Reihe von zelleigenen Verbindungen zeigten keine Wirkung.

Tabelle 1. *Auslösung von Plasmabewegungen.*

Kaliumzyanid	+	Colchicin 1 mg	+
Berberinsulfat	+	Colchicin 10 γ	—
8-Oxychinolin	+	Trypaflavin	+
Phlorrhizin	(+)	Auramin	—
Jodessigsäure	—	Quecksilber-propylbromid	—
Bromessigsäure	—	Penicillin	—
Natriumfluorid	—	Streptomyzin	—
2.4-Dinitrophenol	—	Aureomyzin	—
Viktoriablau	+	Terramyzin	—
Janusgrün	+	Koffein	—
Trypanblau	+	Kardiazol	—
Toluidinblau	+	Glutathion	—
Methylenblau	+	Zystein	—
Thionin	+	Askorbinsäure	—
Gentianaviolett	+	Adenosintriphosphor-säure	—
Fuchsin	+	Kreatinphosphor-säure	—
Eosin	(+)	Folsäure	—
Rosanilin	+	Nikotinsäureamid	—
Lichtgrün	+	Cholinchlorid	—
Indigodisulfonsaures Natrium	—	Tokopherolphosphat	—
Rosindulin 2 g	—	Inosit	—
Methylgrün	—	Hyaluronidase (Kinetin)	—
Nilblau	—		
Karmin	—		
Pyronin	—		

Die erzielten Ergebnisse stehen in Übereinstimmung mit der entwickelten Theorie über die Bedeutung des Zellspiegels an ATP für die Zellform und für die Plasmaruhe und -bewegungen. Wenn auch zahlreiche Stoffe verschiedenen chemischen Aufbaus Bewegungen des Zellplasmas bewirken können, so ist trotzdem an einer Spezifität der Erscheinung nicht zu zweifeln; gemeinsam ist den wirksamen Stoffen, daß sie Atmungs-, Phosphorylierungs- oder Mitochondriengifte darstellen, die den ATP-Spiegel erniedrigen, ohne die Glykolyse zu hemmen.

Institut für experimentelle Krebsforschung der Universität Heidelberg.

HANS LETTRÉ, MARIANNE ALBRECHT und RENATE LETTRÉ.

Eingegangen am 2. August 1951.

[1]) LETTRÉ, H.: Naturwiss. **38**, 490 (1951).
[2]) LEUTHARDT, F., u. A. F. MÜLLER: Experientia **4**, 478 (1948).

Vaskularisationsmessungen an Hauttransplantaten mit dem Leuchtmassenzähler[1]).

Die Revaskularisation von Hauttransplantaten ist bisher noch nicht genau bestimmt worden.

Mit folgender *Methode* haben wir diese an Ratten untersucht: Die Operationstechnik ist früher ausführlich beschrieben worden[2]). Die verwendeten Cutislappen nach KRAUSE hatten insofern alle die gleiche Einheilchance, weil sie unter der kritischen Verpflanzungsdicke von 800 bis 900 μ (bei Ratten) lagen. 48, 72 und 96 Std nach der Autotransplantation wurden die Tiere mit gesättigter, wäßriger, körperwarmer Uranylacetatlösung injiziert. Die vorausgehende völlige Entblutung und die Injektion von 25 bis 30 cm³ Uranylacetatlösung wurden an der Bauchaorta vorgenommen. Die kurz nach der Injektion entnommenen Lappen sowie Teile der benachbarten normalen Haut wurden verkohlt, zermörsert und in gleichmäßiger Verteilung auf für α-Strahlen empfindliche Leuchtschirme gebracht. Die bestreuten Leuchtschirme wurden nacheinander auf das Fenster einer Sekundärelektronen-Vervielfacherphotozelle gelegt. Das Verhältnis der vom

Leuchtmassenzähler registrierten α-Teilchenzahlen des Transplantates zu denen der normalen Haut (reduziert auf gleiche Massen) ist ein Maß für die Revaskularisation des Hautlappens, ausgedrückt in Prozenten. — Trägt man die Kohle gleichmäßig genug auf den Leuchtschirm auf, so sind die gezählten Teilchen der Masse des aufgetragenen Pulvers proportional. — 12 Std nach der Transplantation ist das Transplantat sicher noch nicht vaskularisiert. Zu diesem Zeitpunkt beträgt der Uranylacetatgehalt durchschnittlich bei neun Tieren 5% (s. Fig. 1). Zweistündiges Liegenlassen der injizierten Tiere erhöhte den Prozentsatz nicht. Eine Diffusion der Lösung in das Transplantat hinein kann also vernachlässigt werden.

Das vorläufige *Ergebnis* ist, wie die Fig. 1 zeigt, ein allmählicher Anstieg, der bei 48 Std mit 15% im Mittel (+) gerade begonnen und bei 95 Std 78% erreicht hat. Als Abszissen sind die Injektionszeiten in Stunden nach der Operation und als Ordinaten die gemessenen Teilchenzahlen in % als

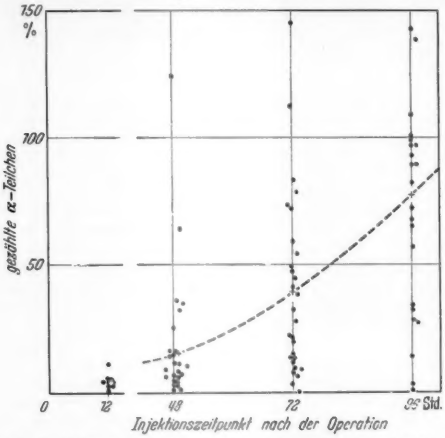


Fig. 1. Gezählte α-Teilchenzahl in % (Ordinaten) in Abhängigkeit vom Injektionszeitpunkt in Stunden nach der Operation (Abszissen).

Maß für die Injizierbarkeit eingetragen. Der genaue Kurvenverlauf soll noch durch Messungen bei engen zeitlichen Zwischenräumen gewonnen werden. — Daß man in einigen Fällen mehr als 100% mißt, kann bedeuten, daß die Gefäße mit einem gewissen Überschuß in das Transplantat einwuchern oder daß eine Reaktion (Vermehrung oder Erweiterung) der Gefäße im Wundbett auf den unspezifischen Wundreiz mit in die Messung eingeht.

Institut für Medizin und Biologie der Deutschen Akademie der Wissenschaften; Abteilung für Biophysik und Abteilung für Pharmakologie; Berlin-Buch.

LIESELOTT HERFORTH und PETER SCHÄFER.

Eingegangen am 14. September 1951.

[1]) BROSER, I., u. H. KALLMANN: Z. Naturforschg. 2a, 642 (1947). — BROSER, I., L. HERFORTH, H. KALLMANN u. U. MARTIUS: Z. Naturforschg. 3a, 6 (1948).

[2]) SCHÄFER, P.: Virchows Arch. 317, 484 (1949).

Die 24-Stunden-Periodik der Maus unter konstanten Umgebungsbedingungen.

Versuche BÜNNINGS[1]) über Blattbewegungen im temperaturkonstanten Dauerdunkel haben die Theorie einer endogenen Tagesperiodik bei der Pflanze wesentlich gestützt. Bei Tier und Mensch ist die Frage nach der endogenen Komponente der 24-Stunden-Periodik nicht geklärt. Befunde im Sinne der botanischen Versuche sind teils nicht unwidersprochen geblieben [zeitdressierte Bienen, WAHL[2]), KALMUS[3])], teils sind sie nicht unbedingt stichhaltig, da die beobachtete Periodik sich nicht auf ein und dasselbe Tier bezog [Schlupfperiodik der Taufliege, BÜNNING[4])]. Auch haben eine Reihe Untersucher immer wieder berichtet, daß die Tagesperiodik verschiedener Funktionen im Dauerdunkel über Wochen streng an die Ortszeit gebunden blieb, woraus auf einen nicht bekannten äußeren Steuerfaktor geschlossen wurde. Eine rein endogene biologische Tagesperiodik wird beim vollständigen Ausschluß äußerer „Zeitgeber" auf die Dauer nicht phasengetreu zur Erdumdrehung ablaufen; man muß vielmehr erwarten, daß mit abweichender Periodendauer Phasenverschiebungen gegen den 24-Stunden-Tag auftreten.

Der Nachweis einer solch endogenen Periodik verlangt die Wahl einer Funktion, deren Schwankungen über Tage hin ohne jede Störung des Tieres registriert werden können. Hierzu eignet sich die lokomotorische Gesamtaktivität von Nagern. Sie wurde für die vorliegenden Versuche mit modifizierten Aktographen unter Verwendung mechanischer Gleichrichter gemessen. Die Schwingungen federnd aufgehängter Käfige

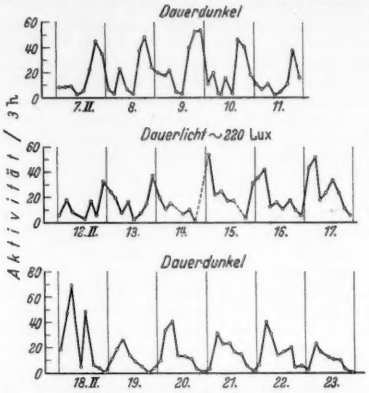


Fig. 1. Tagesperiodik der Maus (Ordinate: Walzenumdrehungen für je 3 Std) in dauernder Dunkelheit (oben und unten) und während einer Periode dauernder Belichtung (Mitte); im Dauerlicht tritt das Aktivitätsmaximum jeden Tag etwas später ein.

werden dabei in gleichmäßige Drehbewegungen einer Walze umgesetzt, wobei sowohl Frequenz wie Amplitude der Käfigschwingungen in die Walzendrehung eingehen. Jede Walzenumdrehung wird durch Kontakt markiert; die Zahl der Umdrehungen je Zeiteinheit (= Aktivitätszahl) ist ein direktes Maß für die Gesamtaktivität.

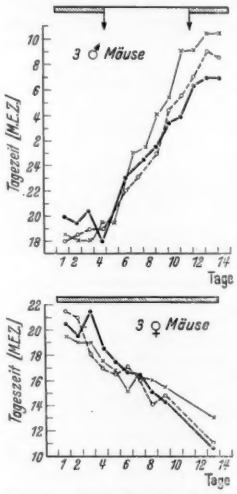


Fig. 2. Aktivität der Maus. Tageszeit des täglichen Eintritts des Aktivitätsmaximums im Dauerlicht ⊔ und im Dauerdunkel ▨; Verspätung um täglich 1,8 Std oben, Vorverlegung um rund 0,7 Std unten.

Die Aktivitätszahlen einer Maus, gemessen mit dem mechanischen Gleichrichter, erreichen ihr tägliches Maximum gegen 20 Uhr. Der in Fig. 1 wiedergegebene Versuch zeigt die Periodik für 5 Tage Dauerdunkel, anschließende 6 Tage Dauerlicht und weitere 5 Tage Dauerdunkel. (Temperaturkonstanter, akustisch isolierter Raum; Fütterung nur alle 6 Tage zu verschiedenen Zeiten). Im Dauerdunkel scheinen die Maxima unverändert zur selben Tageszeit zu liegen, im Dauerlicht hingegen treten sie jeden Tag später auf. Diese Verschiebung wird deutlicher, wenn man täglich die Zeit des Eintritts des Aktivitätsmaximums als Ordinate gegen die Tagfolge als Abszisse aufträgt (Fig. 2 oben). Eine Verbindungslinie der so gewonnenen Punkte müßte bei echter 24-Stunden-Periodik eine der Abszissenachse parallele Gerade bilden. Bei dauernder Belichtung der Mäuse weicht die Gerade um einen bestimmten Winkel von der Achse ab; aus ihrer Neigung läßt sich die Periodendauer ablesen, die im Mittel der drei Tiere 25,8 Std beträgt. In dauernder Dunkelheit ergibt sich das entgegengesetzte Bild (Fig. 2 unten): Das Aktivitätsmaximum tritt im langfristigen Versuch jeden Tag früher ein, die Verbindungslinie der Maxima fällt geradlinig ab. Die Periodendauer ist somit im Dauerdunkel kürzer als 24 Std; sie beträgt bei den drei untersuchten Tieren 23,1, 23,2 und 23,4 Std.

Beide Versuchsergebnisse können im Sinne der Theorie einer endogenen Tagesperiodik gedeutet werden. Im Dauer-

dunkel tritt der eigentliche Grundrhythmus der Aktivität hervor, der sich gegen den hemmenden Einfluß dauernder Belichtung nur mit Verzögerung durchzusetzen vermag. In beiden Fällen weicht die Periodendauer um einen konstanten Betrag von der 24-Stunden-Periodik ab.

Physiologisches Institut der Universität Göttingen.

Eingegangen am 27. August 1951. JÜRGEN ASCHOFF.

[1]) BÜNNING, E.: Physiologie des Wachstums und der Bewegung. Berlin 1939.
[2]) WAHL, OSKAR: Z. vergl. Physiol. **16**, 529 (1932).
[3]) KALMUS, HANS: Z. vergl. Physiol. **20**, 405 (1934).
[4]) BÜNNING, E.: Ber. dtsch. bot. Ges. **53**, 594 (1935).

Funktionsanalyse der Bewegungsperzeption eines Käfers.

Bei dem Rüsselkäfer Chlorophanus viridis wurden mit der Methode des schwebenden Spangenglobus[1]) folgende elementaren Reaktionen des Bewegung perzipierenden nervösen Apparates gefunden (s. Tabelle):

Tabelle.

Nr.	Name der Reizfolge	Eingang von Reizen in das System	Ausgang aus dem System (Reaktion)
1	Gleichfolge Hellfolge	$A\uparrow\ B\uparrow$	→
2	Gleichfolge Dunkelfolge	$A\downarrow\ B\downarrow$	→
3a	Wechselfolge	$A\uparrow\ B\downarrow$	←
3b	Wechselfolge	$A\downarrow\ B\uparrow$	←
4a	Sprungfolge Gleichfolge	$A\uparrow\times\ C\uparrow$	→
4b	Sprungfolge Wechselfolge	$A\uparrow\times\ C$	←
5a	Sprungfolge Gleichfolge	$A\uparrow\times\ \times\ D\uparrow$	0
5b	Sprungfolge Wechselfolge	$A\uparrow\times\ \times\ D\downarrow$	0[2])
3a	Wechselfolge (fortgesetzt)	$A\uparrow B\downarrow C\uparrow$	←
6	Zwischenform zw. 3a u. 4a	$A\uparrow B\downarrow C\uparrow$	0
4a	Sprungfolge Gleichfolge	$A\uparrow\times C\uparrow$	→
7a	Blinkfolge Hellfolge	$A\uparrow\downarrow\ B\uparrow\downarrow\ C\uparrow\downarrow$ $\begin{cases}\Delta t<0{,}2\,\text{sec}\\ \Delta t>0{,}5\,\text{sec}\end{cases}$	→ 0
7b	Blinkfolge Dunkelfolge	$A\downarrow\uparrow\ B\downarrow\uparrow\ C\downarrow\uparrow$ $\begin{cases}\Delta t<0{,}2\,\text{sec}\\ \Delta t>0{,}5\,\text{sec}\end{cases}$	→ 0

Zeichenerklärung: A, B, C, D, Ommatidien in Längsreihe; ↑ Hellreiz (von dunkler zu heller); ↓ Dunkelreiz (von heller zu dunkler; $A\uparrow B\uparrow$ nach einem Hellreiz auf A fällt nach einem Zeitintervall von (optimal etwa) 0,02 sec ein gleicher Hellreiz auf B; ↓↓ Pfeilschaftlänge proportional der relativen Größe des Helligkeitswechsels; × Ommatidium bleibt ungereizt; $A\uparrow\downarrow B\uparrow$ Ommatidium A erhält einen Hell- und danach, bevor B seinen Hellreiz erhält, einen Dunkelreiz; Δt Zeitintervall zwischen dem zweiten Reiz auf A und dem ersten auf B; → das Tier reagiert in der Richtung (← gegen die Richtung) der Reizfolge und zeigt dadurch das Ergebnis der Funktion des beteiligten nervösen Apparates an; 0 keine gerichtete Reaktion; Klammern fassen Reaktionen zusammen, zwischen denen, quantitativ abhängig vom Eingang, fließende Übergänge vorliegen.

Nachdem die Existenz dieser Reaktionen gesichert war, stellten wir uns die Frage: Welchen Kompliziertheitsgrad muß ein nach beliebigen energetischen Prinzipien arbeitender physikalischer Apparat *mindestens* aufweisen, um die in der Tabelle aufgezählten Funktionen zwischen Ein- und Ausgang zu leisten. Wir konnten dabei unter anderem die Ergebnisse schon vorliegender Untersuchungen an physikalischen (z. B. elektrischen) Netzwerken verwerten[3]). Es ergab sich die *Minimal*forderung nach *zwei* „strukturellen Einheiten", d. h. nach zwei Strukturen, die, in noch festzulegender Weise, zu einem funktionellen Kreis verknüpft sind. Von ihnen dürfen wir behaupten, daß sie auch im beteiligten nervösen Apparat verwirklicht sein müssen. — Nach diesem Postulat ließ sich, unter Zugrundelegung elementarer nervöser Impulsleitungs- und Synapseneigenschaften, ein *formales* Netzwerk (ein „Modell") konstruieren, das allen funktionellen Forderungen der Tabelle genügt. In welcher Weise es im Zentralnervensystem tatsächlich verwirklicht ist, kann sich erst ergeben, wenn ähnliche funktionelle Analysen vergleichend für verschiedene Tierarten vorliegen und mit vergleichenden histologischen Untersuchungen an denselben Arten kombiniert werden.

Ein ausführlicher Bericht wird in Kürze an anderer Stelle erscheinen.

Aus dem Max-Planck-Institut für Meeresbiologie Wilhelmshaven, Abt. Prof. v. HOLST *und dem Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie, Berlin-Dahlem, Abt. Prof.* E. RUSKA.

BERNHARD HASSENSTEIN und WERNER REICHARDT.

Eingegangen am 15. September 1951.

[1]) HASSENSTEIN, B.: Naturwiss. **37**, 45 (1950). — Z. vergl. Physiol. **31**, 301 (1951).
[2]) Bis hierher sind die Angaben der Tabelle in der zweiten der zitierten Veröffentlichungen bereits besprochen.
[3]) WAGNER, K. W.: Operatorenrechnung und LAPLACEsche Transformation. Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1950.— REICHARDT, W.: In Vorbereitung.

Besprechungen.

Biebl, Richard, u. Hermann Germ: Praktikum der Pflanzenanatomie. Wien: Springer 1950. VI, 220 S. u. 261 Abb. DM 19,50; geb. DM 22.50.

Der am Wiener Pflanzenphysiologischen Institut seit v. WIESNER und MOLISCH eingeführte Praktikumsbetrieb weicht von dem an den meisten reichsdeutschen Universitäten üblichen nicht unwesentlich ab. Es fehlt die Trennung in Anfängerkurs und Großpraktikum; die Studierenden beginnen sofort mit einem zweisemestrigen Halbtagspraktikum, dessen erste Hälfte einer gründlichen und ausführlichen Bearbeitung der Pflanzenanatomie gewidmet ist. Als Hilfsbuch hierfür ist das vorliegende Werk in erster Linie gedacht. Es wird darüber hinaus aber als Stoffsammlung für pflanzenanatomische Praktika überhaupt Beifall finden und gerne und mit Nutzen verwendet werden.

Der spezielle Hauptteil des Werkes, welcher kurzen methodischen Vorbemerkungen über Präparatherstellung, Mikroskopieren und Zeichnen folgt, hält sich in der Stoffeinteilung (Zelle — Gewebe — Organe), der Darstellungsart und oft sogar in der wörtlichen Formulierung, an das kleine Lehrbuch der Pflanzenanatomie von H. MOLISCH.

Jedem Einzelkapitel ist eine allgemeine, theoretische Einleitung vorangestellt, die etwa dem Einführungsvortrag des Praktikumsassistenten entspricht; dann werden die Besonderheiten der vorgeschlagenen Untersuchungsobjekte knapp, aber doch völlig ausreichend beschrieben. Mit Abbildungen ist das Werk reich ausgestattet, ja sogar verschwenderisch, wenn z. B. Inulinsphärite in dünnwandigem Parenchym gleich von zwei Objekten abgebildet werden. Die Textfiguren — durchweg nach Originalvorlagen der Verff. — sind übrigens vorzüglich. Tradition und Gegenwart des Wiener Pflanzenphysiologischen Institutes kommen in einer starken Berücksichtigung mikrochemischer und zellphysiologischer Untersuchungsmethoden zur Geltung.

Ein Buch der vorliegenden Art fehlte bisher dem deutschen Schrifttum. Die Verff. verdienen Dank dafür, daß sie es geschaffen haben, und Anerkennung für das wohlgelungene Werk, das gewiß seinen Weg machen wird.

Leicht werden in einer Neuauflage einige Unklarheiten und Irrtümer verbessert und einige nützliche Ergänzungen angebracht werden können. So werden in Abb. 85 beim mazerierten *Pinus*-Holz die Spätholz-Tracheiden als „Libriformfasern", die Markstrahlzellen als „Holz-Parenchymzellen" bezeichnet. Das letztere Versehen gilt zum Teil auch für Abb. 16d vom *Tilia*-Holz. *Tradescantia Virginica* ist keine Hängepflanze; offenbar ist „*Tradescantia viridis*" der Gärtner gemeint (S. 42). Nicht „*Opuntia Missouriensis*" ist die einzige in Südeuropa heimisch gewordene Kaktusart, sondern *Opuntia vulgaris* (S. 70). Verf. setzen (S. 83) „Gefäße" gleich „Tracheiden". In der deutschen Literatur wird dagegen wohl allgemein „Gefäße" als der übergeordnete Begriff genommen, welcher „Tracheen" *und* „Tracheiden" als Sonderfälle umfaßt (z. B. bei JOST im „Handwörterbuch der Naturwissenschaften" und bei FITTING im „Lehrbuch der Botanik für Hochschulen"). Die Verff. werden übrigens ihrer Fassung des „Gefäß"-Begriffes untreu, wenn sie (S. 177) von den „Gefäßen" der Pteridophyten sprechen. Einige Unklarheiten oder Irrtümer fielen Ref. im Kapitel „Bildungsgewebe" (S. 101 ff.) auf. Der erste Absatz kann leicht so verstanden werden, als ob die Bezeichnung „Vegetationspunkt" nur bei Vorhandensein von Initialen anwendbar wäre. Das Verhalten von *Hippuris* und *Elodea*, bei welchem die Tunica Dermatogen und Periblem,

das Corpus Plerum liefert, wird nicht mit genügender Deutlichkeit als ein *nicht* zu verallgemeinernder Spezialfall bezeichnet. Sehr wünschenswert wäre vielleicht auch ein stärkeres Eingehen auf das sekundäre Dickenwachstum der Wurzel, vor allem das Abstoßen der primären Rinde. Abb. 257 stellt den Kork und *nicht* die Borke von *Betula* dar. Die weiße Färbung dabei ist keineswegs ausschließlich auf den Luftgehalt zurückzuführen, wie ein einfacher Versuch mit Flüssigkeitsdurchtränkung zeigt. Der Grobtrieb des Mikroskopes ist niemals eine „Makrometerschraube", der Feintrieb übrigens in vielen Fällen (Kursstative!) auch keine „Mikrometerschraube". Glyzerinpräparate mit Lackumrahmung sollten nicht als Dauerpräparate empfohlen werden. Ihre Haltbarkeit ist sehr beschränkt! Präparate in Glyzerin-Gelatine erfordern kaum einen größeren Aufwand, der sich zudem durch die wirkliche Haltbarkeit lohnt. Sie können übrigens — entgegen einem weitverbreiteten, von den Verff. wiederholten Vorurteil — *alsbald* nach dem Erstarren umrandet werden. Als Einschlußmittel sollten die synthetischen Neutralbalsame (Caedax u. ä.) *zumindest* erwähnt werden. Die Verwendung von Canada-Balsam ist heute in der mikroskopischen Technik überholt und überflüssig. M. STEINER (Bonn).

Eingegangen am 31. März 1951.

Staudinger, Hermann: Organische Kolloidchemie. Sammlung „Die Wissenschaft", Einzeldarstellungen aus der Naturwissenschaft und der Technik, Bd. 93. 3. umgearbeitete und erweiterte Aufl. Braunschweig: F. Vieweg & Sohn 1950. IX, 308 S. u. 36 Abb. DM 16.20.

Dem Erscheinen der 3. Auflage der bekannten und geschätzten „Organischen Kolloidchemie" von H. STAUDINGER noch besondere Ausführungen zu widmen, würde sich fast erübrigen, wenn sich damit nicht eine willkommene Gelegenheit verbinden ließe, die große Tragfähigkeit der vom Verf. in die organische Chemie eingeführten Vorstellungen und Begriffsbildungen eindringlich darzulegen.

Die in vielen bedeutungsvollen organisch-chemischen und biochemischen Substanzen auftretenden „kolloidalen" Eigenschaften wie die des besonderen Verhaltens der Viskosität, der Quellungserscheinungen, der Strömungsdoppelbrechung, der osmotischen Eigenschaften, der Verhältnisse bei Diffusion und Sedimentation, der Gelatinierung, der Thixotropie u. a., sind seit den 20er Jahren von H. STAUDINGER mit Erfolg in konsequenter Weise als Folgerungen aus einem makromolekularen Aufbau mit organisch-chemischen Bauprinzipien gedeutet und in einer großen Reihe experimenteller Untersuchungen belegt worden. Es war eine mehrere Jahrzehnte andauernde Auseinandersetzung mit den historisch gewachsenen Strukturauffassungen erforderlich, insbesondere den Mizellarvorstellungen verschiedener Art, bis das Gebiet der „Chemie der organischen Makromoleküle" als in seinen Grundvorstellungen anerkannt und gleichberechtigt neben die übrige organische Chemie treten konnte. Was der jüngeren Generation heute ohne weiteres geläufig und einleuchtend, ja geradezu als eine unumgängliche Forderung erscheint, mußte sorgfältig und nicht ohne Widerstand wissenschaftlich erschlossen werden. Es ist daher dem Verf. besonders zu danken, daß er Werdegang und Entwicklung der Chemie der makromolekularen Stoffe im Zusammenhang mit der Entwicklung der allgemeinen Kolloidchemie in der neuen Auflage besonders eingehend darlegt. Kolloide können durch Hauptvalenzbindungen aufgebaute Makromolekeln sein (mit eindeutig definiertem Molekelgewicht, Polymerisationsgraden oder Durchschnittspolymerisationsgraden); es können auch durch Nebenvalenzen oder V. D. WAALSsche Kräfte aus kleinen Molekeln mizellartige Verbände gebildet werden, ferner können auch Makromolekeln zu „Übermolekeln" oder „Assoziaten" zusammentreten. Alle diese Substanzgruppen führen zu mehr oder weniger ausgeprägten „kolloidalen" Eigenschaften und zu mehr oder weniger genau übersehbaren Verhältnissen in ihren Lösungen. Es wird ferner klar dargelegt, welche Methodik angewandt worden ist oder werden muß, wenn eindeutige Aussagen über derartige Strukturverhältnisse gemacht werden sollen. Es wird auch zum Ausdruck gebracht, was man den Methoden jeweils zutrauen kann, um unzulässigen Verallgemeinerungen vorzubeugen.

Im übrigen ist das Werk in allen Teilen auf den neuesten Stand gebracht worden und voller Anregungen, die kolloidalen Erscheinungen der organischen Substanzen auch mit den Methoden der organischen Chemie zu studieren. Es erscheint dem Ref. lediglich fraglich, ob die Einteilung der Linearkolloide in Hemi-, Meso- und Eukolloide sich durchsetzen wird, da sie in ihrer Brauchbarkeit von der Natur der jeweiligen Substanzgruppe abhängig ist und vielleicht doch ein wenig als zwanghaft empfunden werden kann.

Bemerkenswert ist die große Stoffülle auf verhältnismäßig geringem Raum bei weiser Beschränkung des abgehandelten, an sich uferlosen Tatsachenmaterials (Technische Anwendungen, Kunststoffchemie, Kohlenhydrat- und Proteinchemie!). Durch den neu hinzugenommenen Abschnitt „Molekülkolloide und biologische Vorgänge" aus der Feder von Frau MAGDA STAUDINGER kommt zum Ausdruck, welche Bedeutung den vorliegenden Grundvorstellungen für tragende Bereiche der Biologie zukommt.

K. HEYNS (Hamburg).

Eingegangen am 9. April 1951.

Chemistry and Biology of Proteins von FELIX HAUROWITZ. New York: Academic Press Inc. 1950. XIII, 374 S. u. 7 Abb. $ 5.50.

Trotz des steigenden Interesses, das man seit längerer Zeit den Proteinen entgegenbringt, ist die Zahl der übersichtlichen Lehrbücher dieser Körperklasse noch recht klein. Das mag zum Teil daran liegen, daß ein wissenschaftliches Gebiet wie dieses nicht von einer Seite allein betrachtet werden kann, sondern daß es die Anteilnahme des Chemikers, Physikers, Physiologen und Mediziners gleichermaßen zu erwecken geeignet ist. Die Erfahrungen und die Universalität, die zu einer übersichtlichen Betrachtung des Themas Voraussetzung sind, kann kaum ein einzelner Forscher in sich vereinen. Trotzdem hat sich im vorliegenden Werk ein den Proteinchemikern wohlbekannter Autor der höchst dankenswerten Aufgabe mit großem Erfolg unterzogen, auf wenigen Bogen in klarem, einheitlichem Stil die gesicherten Ergebnisse, einen Extrakt aus vielen 1000 Publikationen zu einem harmonischen Ganzen zu verschmelzen. Das Buch ist, wie HAUROWITZ im Vorwort sagt, als Lehrbuch für Studenten geschrieben worden. In der Mannigfaltigkeit und geschickten kritisch gesichteten Auswahl ist es sicherlich mehr als das. In 17 Kapiteln wird der Leser in didaktisch vorbildlicher Weise mit den neuesten Erkenntnissen der gesamten Eiweißforschung vertraut gemacht. Zunächst beschreibt der Autor in 2 Kapiteln die chemischen Manipulationen, die zur Trennung und Strukturaufklärung der komplizierten Stoffklasse angewandt werden. Proteine sind aber mit chemischen Mitteln allein nicht zu erforschen, und so wenden sich die Ausführungen bald den wichtigen physikalischen Methoden zu, mit Hilfe derer Aussagen über Größe, Form, elektrisches Verhalten, Wasser- und Ionenbindungsvermögen gemacht werden können. Die Erfahrung, daß für die verschiedenen Eiweißfunktionen die Architektur der Molekeln, eine bestimmte Faltung der Peptidketten und ihre gegenseitige Anordnung von entscheidender Bedeutung ist, findet nebst den heute wahrscheinlichsten Anschauungen auch über das Phänomen der Denaturierung in einem weiteren Kapitel ihren wohlerwogenen Ausdruck. Nun geht der Verf., vielleicht etwas eigenwillig, von der bisher gebräuchlichen Einteilung der Proteine ab und klassifiziert sie nach ihrer biologischen Rolle. Es werden Blut-, Muskel- und andere Organproteine, pflanzliche Eiweißstoffe, Protamine und Histone, dann die Skleroproteine und die konjugierten wie Lipo-, Gluko-, Phospho-, Metallo- und Nukleoproteide kurz besprochen. Im Kapitel über Enzyme zeigt sich auf nicht ganz 30 Seiten in der Beschränkung die meisterhafte Darstellung. Die Proteinhormone und -toxine werden dem Leser sogar auf nur 15 Seiten vorgestellt; hier wäre vielleicht etwas mehr Ausführlichkeit von Nutzen. Der Abschnitt über Proteine und Immunreaktionen, die mit Recht als Modellreaktionen für die biologische Proteinsynthese betrachtet werden, verrät die großen Erfahrungen des Verf. gerade auf diesem Gebiet. Abhandlungen über die Biosynthese der Aminosäuren und die vermutliche Biogenese der Proteine, wobei recht einleuchtende Vorstellungen über die identische Reduplikation der Proteinmolekeln entwickelt werden, beschließen das wertvolle Buch, dem man eine möglichst weite Verbreitung wünscht.

THEODOR WIELAND (Mainz).

Eingegangen am 24. April 1951.

Verantwortlich für den Textteil: Prof. Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg.
Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg.

Vorstufe zur theoretischen Physik

Von Dr. phil. **Richard Becker,** o. Professor für Theoretische Physik an der Universität Göttingen. Mit 94 Abbildungen. VII, 172 Seiten. 1950. DM 7.50

Lehrbuch der theoretischen Physik

Von **Walter Weizel,** Professor der Physik an der Universität Bonn.

Erster Band:

Physik der Vorgänge. Bewegung, Elektrizität, Licht, Wärme. Mit 270 Textabbildungen. XV, 771 Seiten. 1949. DM 53.—; Ganzleinen DM 56.90

Zweiter Band:

Struktur der Materie. Mit 194 Textabbildungen. XII, 768 Seiten. 1950. DM 66.—; Ganzleinen DM 69.90

Jeder Band ist einzeln käuflich!

Einführung in die Physik

Von **Robert Wichard Pohl,** o. ö. Professor der Physik an der Universität Göttingen.

Erster Band:

Einführung in die Mechanik, Akustik und Wärmelehre. Zehnte und elfte, verbesserte und ergänzte Auflage. Mit 547 Abbildungen, darunter 8 entlehnten. VIII, 356 Seiten. 1947. DM 21.—

Zweiter Band:

Einführung in die Elektrizitätslehre. Dreizehnte und vierzehnte Auflage. Mit 497 Abbildungen, darunter 20 entlehnten. IV, 302 Seiten. 1949. DM 18.60

Dritter Band:

Einführung in die Optik. Siebente und achte Auflage. Mit 565 Abbildungen im Text und auf einer Tafel, darunter 18 entlehnten. IV, 356 Seiten. 1948. DM 21.—

Kurzes Lehrbuch der Physik

Von Professor Dr. **H. A. Stuart,** Hannover. Zweite und dritte Auflage. Mit 378 Abbildungen. VIII, 284 Seiten. 1949. Halbleinen DM 15.—

Physik

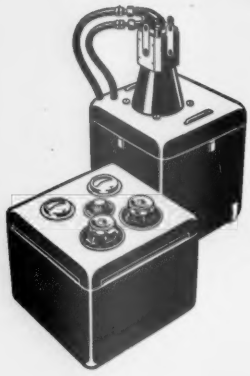
Ein Lehrbuch. Von **Wilhelm H. Westphal,** Berlin. Vierzehnte und fünfzehnte Auflage. Mit 650 Abbildungen. XII, 758 Seiten. [1950. Ganzleinen DM 29.70

Kleines Lehrbuch der Physik ohne Anwendung höherer Mathematik

Von **Wilhelm H. Westphal,** Berlin. Mit 283 Abbildungen. VIII, 251 Seiten. 1948. Halbleinen DM 9.60

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

RÖNTGEN
für Industrie und Forschung
MÜLLER



C.H.F. Müller Aktiengesellschaft Hamburg

Praktikum der Zell- und Gewebephysiologie der Pflanze

Von

Dr. **Siegfried Strugger**
o. Professor für Botanik an der Universität Münster

(Pflanzenphysiologische Praktika, Band II)

Zweite Auflage

Mit 148 Textabbildungen. VIII, 225 Seiten. 1949

DM 24.—; Ganzleinen DM 27.60

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage sind 13 Jahre vergangen. In dieser Zeit hat sich die Physiologie der Pflanzenzelle durch die unermüdliche Arbeit zahlreicher Forscher ein gutes Stück weiterentwickelt. Es war daher notwendig, das Buch völlig neu zu disponieren und viele Versuche neu aufzunehmen. Verfasser war bestrebt, die Auswahl der Experimente so zu gestalten, daß sie mit einfachen behelfsmäßigen Mitteln zum größten Teil durchgeführt werden können.

Springer-Verlag / Berlin · Göttingen · Heidelberg

Lehrbuch der Pflanzenphysiologie

Erster Band, 2. Teil: **Biochemie und Physiologie der sekundären Pflanzenstoffe.** Von Dr. **Karl Paech,** Professor an der Universität Tübingen. Mit 18 Abbildungen. IX, 268 Seiten. 1950. DM 24.—; Ganzleinen DM 26.70

Inhaltsübersicht: Einleitung. — Allgemeine Formen des Stoffwechsels. — Die niederen Carbonsäuren. — Der Fettstoffwechsel der Pflanzen. — Die Terpenverbindungen. — Die stickstofffreien aromatischen Verbindungen. — Die stickstoffhaltigen sekundären Pflanzenstoffe (Die Verwandten der Aminosäuren). — Rückblick.

Dieses Buch ist aus einer Reihe von Vorlesungen entstanden, in denen der Verfasser versucht hat, das ausgedehnte Gebiet der „sekundären Pflanzenstoffe" von einem zentralen Standpunkt aus zu behandeln. Die Betrachtung dieses mannigfaltigen Sondergebietes des Pflanzenstoffwechsels unter dem Blickwinkel der biologischen Zusammenhänge verspricht Aufschluß über großartige Gesetzmäßigkeiten, wie sie die vergleichende Morphologie für die Formbildung der Pflanzen aufgedeckt hat. Die sich so ergebenden Einsichten werden sich auch stark in der Praxis der Gewinnung pflanzlicher Rohstoffe und Heilmittel auswirken. Demnach ist das Ziel des Buches eine allgemeine Überschau, die in der Literatur ohne Vorgänger ist, wobei jedoch bewußt auf Vollständigkeit in der Wiedergabe von Tatsachen und Literaturzitaten verzichtet, und die Darstellung auf eine Auswahl von Beispielen beschränkt wird. Neben den wichtigsten grundlegenden Untersuchungen auf den einzelnen Teilgebieten sind im Literaturverzeichnis möglichst viele Arbeiten neuesten Datums nachgewiesen, von denen aus der Interessent leicht in die ältere Literatur zurückfindet.

Zweiter und dritter Band: **Entwicklungs- und Bewegungsphysiologie der Pflanze.** Von Dr. **Erwin Bünning,** o. Professor an der Universität Tübingen. Mit 404 Abbildungen. XII, 464 Seiten. 1948. Halbleinen DM 29.70

Inhaltsübersicht: Allgemeine Grundlagen. — Überblick von den Faktoren und ihren Wirkungen. — **Aktivitätswechsel:** Die zellphysiologischen Grundlagen wechselnder Aktionsbereitschaft. — Die Ursachen des Wechselns der Aktivität. — **Wachstum, Zell- und Kernteilung:** Energetik des Wachstums. — Der Wachstumsverlauf. — Mechanismus des Wachstums. — Katalysatoren des Wachstums. — Kernwachstum, Kern- und Zellteilung. — **Die inneren Faktoren der Differenzierung:** Elementare Wechselwirkungen zwischen Zellen und Zellbestandteilen. — Erbgleichheit und -ungleichheit der somatischen Zellen. — Inäquale Teilungen. — Polarität. — Spontane Differenzierung und Musterbildung. — Die Bedeutung autonomer Veränderungen für die Determination. — Determination durch benachbarte Zellen und Gewebe. — Determinierende Hormone. — Determination durch andere Substanzen. — Förderung und Hemmung durch hormonreiche Orte, Korrelationen. — Die Stabilität der Determination. — Die Bildung spezifischer Formen aus den Zellen, Geweben und Organen. — **Die Bewegungsmechanismen:** Beziehungen zwischen Entwicklungs- und Bewegungsphysiologie. — Turgorbewegungen. — Bewegungen durch negative Wandspannungen. — Mechanismus der Bewegungen durch Plasmakontraktionen. — Bewegungen durch Ausnutzung von Oberflächenenergie. — Mechanik der Plasmaströmung. — Quellungsbewegungen. — **Die Wirkung äußerer Reize auf Bewegung und Entwicklung:** Grundprobleme der Reizwirkungen. — Wirkung mechanischer Reize. — Die Wirkung schädigender (energiereicher) Strahlenarten. — Wirkung des sichtbaren Lichts und der angrenzenden Spektralbereiche. — Temperaturwirkungen. — Die Wirkung des jahresperiodischen Wechsels äußerer Faktoren. — Wirkung der Elektrizität. — Schwerkraftwirkungen. — Wirkung chemischer Reize. — Bewegungen, bei denen die endonome Komponente stärker in den Vordergrund tritt. — Einige allgemeine Probleme der pflanzlichen Reiz- und Bewegungsphysiologie. — Nachträge. — Sachverzeichnis.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Diesem Heft liegen zwei Prospekte des Springer-Verlages, Berlin · Göttingen · Heidelberg, bei.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Hans-Georg Halfter, Berlin W 35, Reichpietschufer 20. — Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg. — Printed in Germany.